

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção
Agrícola Familiar



Tese

**Dinâmica da decomposição dos resíduos orgânicos da produção de
agroenergia e sua utilização em sistemas de cultivos de base
ecológica**

Janete Basso Costa

Pelotas, 2013

JANETE BASSO COSTA

**DINÂMICA DA DECOMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS DA
PRODUÇÃO DE AGROENERGIA E SUA UTILIZAÇÃO EM SISTEMAS DE
CULTIVOS DE BASE ECOLÓGICA**

Tese apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Sistemas de
Produção Agrícola Familiar da
Universidade Federal de Pelotas,
como requisito parcial à obtenção do
título de Doutor em Agronomia.

Orientador: Dr. Carlos Alberto Barbosa Medeiros
Co Orientador: Dr^a Lúcia Elena Coelho da Cruz
Co Orientador: Dr^a Walkyria Bueno Scivittaro

Pelotas, 2013

C334u Costa, Janete Basso

Utilização de resíduos orgânicos da produção de agroenergia em sistemas de produção agrícola familiar de base ecológica / Janete Basso Costa; orientador Carlos Alberto Barbosa Medeiros; co-orientadora Lucia Elena Coelho da Cruz; co-orientadora Walkiria Bueno Scivittaro - Pelotas, 2013.

155 f. : il.

Tese de Doutorado do Programa de em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2013.

1.Adubação orgânica 2.Decomposição de resíduos 3. Liberação de nutrientes 4. Agricultura familiar I. Medeiros Carlos Alberto Barbosa (orientador) II.Título.

CDD 639.3

Catálogo na fonte: Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

Banca examinadora:

Dr. Carlos Alberto Barbosa Medeiros (Presidente)
Orientador – Embrapa Clima Temperado

Dr. José Ernani Schwengber
Embrapa Clima Temperado

Dr^a Ana Cláudia Rodrigues de Lima
UFPEL/FAEM/Departamento de Solos

Dr^a Tânia Beatriz Gamboa de Araujo Morselli
UFPEL/FAEM/Departamento de Solos

À minha família

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte de inspiração de vida, que nos dá forças para irmos à frente.

Ao meu Orientador, pesquisador Carlos Alberto B. Medeiros, pela confiança, estímulo, oportunidade de convivência e dedicação na construção deste trabalho.

À minha Co orientadora, Lucia Elena Coelho da Cruz, pela amizade, paciência e ajuda a mim dispensados na construção deste trabalho.

À minha Co orientadora Walkyria Bueno Scivittaro, pela atenção e colaboração.

À Universidade Federal de Pelotas pela oportunidade de realizar o curso de Pós-Graduação.

Aos professores dos Departamentos que compõem o curso de Pós Graduação em Sistemas de Pós-Graduação Agrícola Familiar, pela convivência e aprendizado.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Clima Temperado), pelo suporte técnico e financeiro que possibilitou a realização deste trabalho.

Aos amigos e funcionários da Estação Experimental Cascata, pela convivência.

Aos colegas e amigos do SPAF.

Aos funcionários do laboratório de Nutrição Vegetal pela amizade e apoio técnico para a realização deste trabalho.

Aos amigos e colegas da Emater/RS e da Secretaria de Desenvolvimento Rural, Pesca e Cooperativismo do Rio Grande do Sul.

Aos amigos sempre presentes Marcelo, Cris, Otávio, Marta, Luara, Graça, Clóvis, Ana e Ediene.

Aos meus irmãos pelo carinho e atenção.

Em especial a minha mãe Anilce Vitória, pela vida e ao meu pai Olintho José (*in memoriam*).

A meu esposo Cláudio, pelo seu amor, paciência e compreensão.

RESUMO

COSTA, Janete Basso Costa. **Utilização de resíduos orgânicos da produção de agroenergia em sistemas de produção agrícola familiar de base ecológica.** 2013. 149f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Alternativas voltadas para sistemas de produção com diminuição de custos, riscos e danos ambientais são cada vez mais necessárias. Porém, uma das principais dificuldades encontradas pelos agricultores é a disponibilidade de insumos orgânicos, dentre eles, fertilizantes capazes de proporcionar rendimentos satisfatórios e ao mesmo tempo possibilitar melhorias na qualidade do solo. O presente trabalho objetivou avaliar o uso dos resíduos da produção de agroenergia como fonte de fertilizantes orgânicos a partir do aproveitamento das tortas de mamona e de tungue em sistemas de produção agrícola familiar de base ecológica. O experimento foi conduzido, a partir da primavera de 2010 ao outono de 2012, na área experimental da Estação Experimental Cascata da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Rio Grande do Sul. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Para o trabalho de produção de batata os tratamentos constituíram-se da aplicação de tortas de mamona e de tungue, nas dosagens de 50, 100 e 200% da recomendação para a cultura da batata e duas testemunhas, com e sem adubação química. Para o trabalho de decomposição de resíduos orgânicos e liberação de nutrientes os tratamentos constituíram-se de dois resíduos (torta de mamona e torta de tungue), dois ambientes (à campo e ambiente protegido), dois tamanhos de bolsas de decomposição (0,2 x 0,2m (bolsa grande) e 0,15 x 0,07m (bolsa pequena)), e nove períodos de decomposição (0, 7, 14, 21, 28, 45, 60, 90 e 120 dias). A utilização dos resíduos tortas de mamona e de tungue permitiu as seguintes inferências: a adubação com tortas de mamona e de tungue nas dosagens 100% da recomendação possibilitou a melhor produtividade total e comercial de tubérculos de batata; as tortas de mamona e de tungue, nas dosagens que possibilitaram melhores resultados de produtividade, não demonstraram efeito negativo sobre insetos de solos causadores de danos em tubérculos de batata; as tortas de mamona e de tungue, nas dosagens que possibilitaram maior rendimento de tubérculos de batata, não proporcionaram alterações nas propriedades químicas do solo durante o ciclo de cultivo da batata; resíduos de torta de mamona decompõem-se com maior rapidez do que resíduos de torta de tungue; as tortas de mamona e de tungue apresentaram duas fases distintas de decomposição e liberação de nutrientes; sendo uma rápida, no início da disposição do material, até os 15 a 21 dias de disposição, e outra mais lenta, estendendo-se até o final da realização do estudo.

Palavras chaves: adubação orgânica, decomposição de resíduos, liberação de nutrientes.

ABSTRACT

COSTA, Janete Basso Costa. **Utilização de resíduos orgânicos da produção de agroenergia em sistemas de produção agrícola familiar de base ecológica.** 2013. 149f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Alternatives oriented production systems with lower costs, risks and environmental damage are increasingly necessary. However, one of the main difficulties encountered by farmers is the availability of organic inputs, including, fertilizers able to provide satisfactory yields while enabling improvements in soil quality. This study aimed to evaluate the use of residues from agro-energy production as a source of organic fertilizers from the use of castor bean pies and tung in family farming systems ecological base. The experiment was conducted from spring 2010 to autumn 2012, in the experimental area of Estação Experimental Cascata da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Rio Grande do Sul. The experimental design was a randomized block with four replications. For production work potato treatments consisted of applying pies castor and tung, at doses of 50, 100 and 200% of the recommendation for the cultivation of potatoes and two witnesses, with and without chemical fertilizer. For the work of decomposition of organic waste and nutrient release treatments consisted of two residues (castor cake and pie tung), two rooms (for field and greenhouse), two sizes of bags decomposition (0.2 x 0.2 m (big bag) and 0.15 x 0.07 m (small bag)) and decomposition nine periods (0, 7, 14, 21, 28, 45, 60, 90, and 120 days). The use of waste pies castor and tung led to the following inferences: fertilization with pies castor and tung in dosages of 100% recommendation led to the best total and commercial yield of potato tubers; pies castor and tung, the dosages that enabled better productivity results not demonstrated negative effect on soil insects causing damage in potato tubers; pies castor and tung, the dosages that allowed higher yield of potato tubers, provided no changes in the chemical soil during the growing cycle of the potato, castor bean residues decompose faster than waste pie tung; pies castor and tung had two distinct phases of decomposition and nutrient release; being a quick at the beginning of the provision of material until 15 to 21 days of disposition, and a slower, extend up to the end of the study.

Keywords: organic manure, residue decomposition, nutrient release.

Lista de Figuras

Figura 1 – Disposição das bolsas de decomposição a campo e em vasos ambiente protegido.....69

Figura 2. Porcentagem de matéria seca (MS) remanescente das tortas de mamona e de tungue, dias após a disposição das bolsas, em duas épocas de estudo, outono e primavera 2011, sendo MCC – torta de mamona em condições de campo; MAP – torta de mamona em ambiente protegido; TCC - torta de tungue em condições de campo; TAP – torta de tungue em ambiente protegido; bolsas grandes de decomposição 0,20 x 0,20 m; bolsas pequenas de decomposição 0,15 x 0,07 m. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.....73

Figura 3. Porcentagem de carbono (C) remanescente das tortas de mamona e de tungue, dias após a disposição das bolsas, em duas épocas de estudo, outono e primavera 2011, sendo MCC – torta de mamona em condições de campo; MAP – torta de mamona em ambiente protegido; TCC - torta de tungue em condições de campo; TAP – torta de tungue em ambiente protegido; bolsas grandes de decomposição 0,20 x 0,20 m; bolsas pequenas de decomposição 0,15 x 0,07 m. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.....79

Figura 4 - Relações C/N das tortas de mamona e de tungue, dias após a disposição das bolsas, em duas épocas de estudo, outono e primavera 2011, sendo MCC – torta de mamona em condições de campo; MAP – torta de mamona em ambiente protegido; TCC - torta de tungue em condições de campo; TAP – torta de tungue em ambiente protegido; bolsas grandes de decomposição 0,20 x 0,20 m; bolsas pequenas de decomposição 0,15 x 0,07 m. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.....82

Figura 5 - Porcentagem de nitrogênio (N) remanescente das tortas de mamona e de tungue, dias após a disposição das bolsas, em duas épocas de estudo, outono e primavera 2011, sendo MCC – torta de mamona em condições de campo; MAP – torta de mamona em ambiente protegido; TCC - torta de tungue em condições de campo; TAP – torta de tungue em ambiente protegido; bolsas grandes de decomposição 0,20 x 0,20 m; bolsas pequenas de decomposição 0,15 x 0,07 m. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.83

Figura 6. Porcentagem de nitrogênio (N) remanescente das tortas de mamona e de tungue, dias após a disposição das bolsas, em duas épocas de estudo, outono e primavera 2011, sendo MCC – torta de mamona em condições de campo; MAP – torta de mamona em ambiente protegido; TCC - torta de tungue em condições de campo; TAP – torta de tungue em ambiente protegido; bolsas grandes de decomposição – 0,20 x 0,20 m; bolsas pequenas de decomposição – 0,15 x 0,07 m. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.....92

Figura 7. Porcentagem de fósforo (P) remanescente das tortas de mamona e de tungue, dias após a disposição das bolsas, em duas épocas de estudo, outono e primavera 2011, sendo MCC – torta de mamona em condições de campo; MAP – torta de mamona em ambiente protegido; TCC - torta de tungue em condições de campo; TAP – torta de tungue em ambiente protegido; bolsas grandes de decomposição – 0,20 x 0,20 m; bolsas pequenas de decomposição – 0,15 x 0,07 m. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.....97

Figura 8. Percentual de potássio (K) remanescente das tortas de mamona e de tungue, dias após a disposição das bolsas, em duas épocas de estudo, outono e primavera 2011, sendo MCC – torta de mamona em condições de campo; MAP – torta de mamona em ambiente protegido; TCC torta de tungue em condições de campo; TAP – torta de tungue em ambiente protegido; bolsas grandes de decomposição – 0,20 x 0,20 m; bolsas pequenas de decomposição – 0,15 x 0,07 m. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.....101

Figura 9 - Porcentagem de cálcio (Ca) remanescente das tortas de mamona e de tungue, dias após a disposição das bolsas, em duas épocas de estudo, outono e primavera 2011, sendo MCC – torta de mamona em condições de campo; MAP – torta de mamona em ambiente protegido; TCC torta de tungue em condições de campo; TAP – torta de tungue em ambiente protegido; bolsas grandes de decomposição – 0,20 x 0,20 m; bolsas pequenas de decomposição – 0,15 x 0,07 m. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.....105

Figura 10. Porcentagem de magnésio (Mg) remanescente das tortas de mamona e de tungue, dias após a disposição das bolsas, em duas épocas de estudo, outono e primavera 2011, sendo MCC – torta de mamona em condições de campo; MAP – torta de mamona em ambiente protegido; TCC torta de tungue em condições de campo; TAP – torta de tungue em ambiente protegido; bolsas grandes de decomposição – 0,20 x 0,20 m; bolsas pequenas de decomposição – 0,15 x 0,07 m. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.....109

Lista de Tabelas

Tabela 01 – Composição química e relação C/N das tortas de mamona e de tungue utilizadas nos experimentos. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.	41
Tabela 02 – Características químicas e físicas dos solos onde foram desenvolvidos os experimentos. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.....	42
Tabela 03 – Descrição dos tratamentos utilizados nos experimentos nas safras de primavera 2010 e 2011, e outono 2011 e 2012. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.	43
Tabela 4 - Tratamentos, recomendação, quantidades aplicadas das tortas de mamona e de tungue, fornecimento de N, P e K pelas tortas de mamona e de tungue e complementação com fosfato natural e fonolito nos experimentos realizados nas safras de primavera 2010 e 2011, e outono 2011 e 2012. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.	44
Tabela 05 – Rendimento total e comercial de tubérculos de batata, cv. Clara, nas safras de primavera 2010 e outono 2011. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.....	49
Tabela 06 – Rendimento total e comercial de tubérculos de batata, cv. Catucha, nas safras de primavera 2011 e outono 2012. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.....	50
Tabela 07 – Número de tubérculos/planta, número de tubérculos comerciais/planta, peso médio dos tubérculos (total e comercial) nas safras primavera de 2010 e outono 2011, com a cultivar Clara. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.....	51
Tabela 08 – Número de tubérculos/planta, número de tubérculos comerciais/planta, peso médio dos tubérculos (total e comercial) nas safras primavera de 2011 e	

outono 2012, com a cultivar Catucha. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.....52

Tabela 9 – Estande final de plantas nas safras de primavera 2010 e 2011, e outono 2011 e 2012. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.....53

Tabela 10 – Número médio de furos/m² em tubérculos comerciais nas safras primavera 2010 e 2011, outono 2011 e 2012. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.....55

Tabela 11 - Efeito da aplicação de diferentes doses de torta de mamona e de tungue sobre o pH, P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, saturação (Al e bases), MO e CTC_{pH7}, safra primavera 2010. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.....57

Tabela 12 - Efeito da aplicação de diferentes doses de torta de mamona e de tungue sobre o pH, P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, saturação (Al e bases), MO e CTC_{pH7}, safra outono 2011. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.....58

Tabela 13 - Efeito da aplicação de diferentes doses de torta de mamona e de tungue sobre o pH, P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, saturação (Al e bases), MO e CTC_{pH7}, safra primavera 2011. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.....59

Tabela 14 - Efeito da aplicação de diferentes doses de torta de mamona e de tungue sobre o pH, P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, saturação (Al e bases), MO e CTC_{pH7}, safra outono 2012. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.....60

Tabela 15 – Precipitação acumulada e temperatura média do ar em cada intervalo de amostragem das bolsas de decomposição, para as tortas de mamona, nos dois períodos estudados, safra outono 2011 e safra primavera 2011. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.....71

Tabela 16 – Parâmetros do modelo ajustado aos valores observados da matéria seca (MS) remanescente, tempo de meia vida ($T_{1/2}$) da MS do compartimento lábil e valores de R^2 para a torta de mamona e de tungue. Pelotas, RS, 2011. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.....75

Tabela 17. Parâmetros do modelo ajustado aos valores observados de nitrogênio (N), tempo de meia vida ($T_{1/2}$) de N do compartimento lábil e valores de R^2 para os resíduos. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.....95

Tabela 18. Parâmetros do modelo ajustado aos valores observados de fósforo (P), tempo de meia vida ($T_{1/2}$) de P do compartimento lábil e valores de R^2 para os resíduos. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.....99

Tabela 19. Parâmetros do modelo ajustado aos valores observados de potássio (K), tempo de meia vida ($T_{1/2}$) de K do compartimento lábil e valores de R^2 para os resíduos. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.....103

Tabela 20. Parâmetros do modelo ajustado aos valores observados de cálcio (Ca), tempo de meia vida ($T_{1/2}$) de Ca do compartimento lábil e valores de R^2 para os resíduos. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.....107

Tabela 21. Parâmetros do modelo ajustado aos valores observados de magnésio (Mg), tempo de meia vida ($T_{1/2}$) de Mg do compartimento lábil e valores de R^2 para os resíduos. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.....110

Sumário

INTRODUÇÃO GERAL.....	15
REVISÃO DE LITERATURA.....	17
1. Antecedentes à produção de base ecológica.....	17
2. A transição para agroecossistemas sustentáveis.....	20
3. A necessidade de insumos orgânicos.....	22
4. O cultivo da batata.....	22
5. Potencial de utilização de resíduos da produção de agroenergia como adubos orgânicos em cultivos de base ecológica.....	24
6. Matéria orgânica do solo.....	27
7. Decomposição de resíduos vegetais e liberação de nutriente.....	29
METODOLOGIA GERAL.....	33
CAPÍTULO I - PRODUÇÃO DE BATATA EM SISTEMA DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA DE BASE ECOLÓGICA COM UTILIZAÇÃO DE TORTAS DE MAMONA E DE TUNGUE COMO ADUBAÇÃO ORGÂNICA.....	35
1. INTRODUÇÃO.....	35
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	40
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
3.1 Cultivo de batata com adubação das tortas de mamona e de tungue.....	48
3.2 Controle de insetos de solo causadores de danos em tubérculos de batata.....	54
3.3 Efeito das tortas de mamona e de tungue sobre as propriedades químicas do solo.....	56

4. CONCLUSÕES.....	63
CAPÍTULO II - DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE BASE ECOLÓGICA.....	64
1. INTRODUÇÃO.....	64
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	67
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	72
3.1 Decomposição dos resíduos.....	72
3.2 Liberação de C.....	78
3.3 Relação C/N.....	81
4. CONCLUSÃO.....	85
CAPÍTULO III - LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE RESÍDUOS ORGÂNICOS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE BASE ECOLÓGICA.....	86
1. INTRODUÇÃO.....	86
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	89
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	91
3.1 Liberação de N.....	91
3.2 Liberação de P.....	96
3.3 Liberação de K.....	100
3.4 Liberação de Ca.....	104
3.5 Liberação de Mg.....	108
4. CONCLUSÕES.....	110
DISCUSSÃO GERAL.....	112
CONCLUSÕES GERAIS.....	116
REFERÊNCIAS.....	118
APÊNDICES.....	139

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil tem hoje um sistema de produção de alimentos provenientes da agricultura orgânica bem estabelecido, situando-se entre os maiores do mundo, conforme relatório The World Organic Agriculture, elaborado pelo Research Institute Movements (FIBL/INFOAM, 2010). Segundo o Censo Agropecuário 2006, (IBGE, 2006), o Brasil tem atualmente 4,93 milhões de hectares sob cultivo orgânico.

A procura por alimentos orgânicos cresce a cada ano entre os consumidores brasileiros e em nível mundial. Para uma melhor qualidade de vida, as pessoas buscam cada vez mais alimentos saudáveis para compor sua dieta. O crescimento da demanda por produtos orgânicos é um estímulo para que agricultores transformem seus agroecossistemas convencionais em agroecossistemas ancorados em bases sustentáveis de produção de alimentos.

A produção de alimentos em agroecossistemas sustentáveis requer dentre outros aspectos, o cuidado em manter a fertilidade dos solos em níveis que possibilitem o desenvolvimento sadio dos cultivos e que estes cultivos alcancem rendimentos que gerem renda aos agricultores e atendam a crescente demanda da população mundial por alimentos.

A simples substituição de insumos não torna os agroecossistemas sustentáveis. No entanto, em processo de transição para sistemas produtivos de base ecológica, dispor de insumos orgânicos, dentre eles adubos, que se somem a outras práticas adotadas nas propriedades, como o uso de adubos verdes e esterco, é fundamental para dar suporte à crescente demanda por alimentos produzidos nestes sistemas.

Diferentes materiais orgânicos vêm sendo pesquisados com o intuito de disponibilizar aos agricultores, alternativas de adubos destinados a sistemas de cultivo de base ecológica. Tortas de oleaginosas, resíduos da extração do óleo vegetal, que não podem ser usadas na alimentação humana ou animal, como as tortas de mamona e de tungue, tornam-se importantes insumos que podem ser usados como adubo orgânico para a produção agrícola de base ecológica, assim como para a recuperação de solos que se encontram degradados e empobrecidos.

Cultivos exigentes em adubação, dentre eles a batata, têm, em determinadas situações, encontrado dificuldades de expansão entre os agricultores orgânicos. A avaliação de sistemas orgânicos de produção de batata mostra que o cultivo é economicamente viável, no entanto, a produção orgânica de batata ainda não atende a demanda de consumo. Com o mercado de produtos orgânicos em expansão é necessário a disponibilidade de adubos orgânicos capazes de ampliar a área hoje cultivada. Os resíduos orgânicos da produção de agroenergia podem ser mais uma fonte de adubos orgânicos disponíveis aos agricultores familiares inseridos em sistemas de produção de base ecológica.

Materiais orgânicos podem contribuir para o acúmulo de matéria orgânica e consequentemente para a melhoria da qualidade do solo e produtividade dos cultivos. Entretanto, a maioria destes materiais ainda é usada de forma empírica pelos agricultores, por falta de orientação ou pela própria deficiência de informações a respeito do comportamento destes materiais no solo e seu efeito sobre os cultivos. Por exemplo, é necessário conhecer a dinâmica de decomposição dos resíduos orgânicos no solo e a consequente disponibilização de nutrientes aos cultivos.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o potencial de uso das tortas de mamona e de tungue, coprodutos da produção de agroenergia como fonte de fertilizantes orgânicos em sistemas de produção de base ecológica.

O trabalho está dividido em três capítulos: I – Produção de batata em sistema de produção agrícola de base ecológica com a utilização de tortas de mamona e de tungue como adubação orgânica; II – Decomposição de resíduos orgânicos em sistemas de produção de base ecológica e; III – Liberação de nutrientes de resíduos orgânicos em sistemas de produção de base ecológica.

REVISÃO DE LITERATURA

1. Antecedentes à produção de base ecológica

É certo que, antes mesmo da escrita, as civilizações já tinham desenvolvido uma clara capacidade agrícola, possibilitando a sedentarização dos povos e o estabelecimento de complexos sistemas sociais e culturais (KHATOUNIAN, 2001). Atraídos pela fertilidade natural do solo, os egípcios colonizaram o vale do rio Nilo, sendo esta região alvo de disputas; Incas, no Ocidente e fenícios, no Oriente, plantavam em terraços, pois esta técnica impedia a perda de solo e de matéria orgânica, além disso, era comum a incorporação de restos vegetais e esterco de animais às plantações; ao plantar milho, os maias, na América, colocavam um peixe na cova como oferenda aos deuses e dessa forma nutriam o solo e a planta em crescimento (KIEHL, 1985). Práticas como estas, por milênios sustentaram povos e populações nos diferentes continentes e permitiram o desenvolvimento e estabelecimento de sociedades ao redor do mundo. Até meados do século XIX, os solos cultivados para a agricultura eram adubados com materiais de origem orgânica. Somente após as descobertas do mineralista Just Von Liebig, no início do século XX, mudou-se a base dos insumos que adubavam os solos. Em um século e meio, o uso de fertilizantes minerais avançou, juntamente com outras tecnologias, práticas e técnicas agrícolas que rapidamente se difundiram, como o uso de sementes de alto desempenho produtivo e máquinas que permitiram o cultivo em grande escala. Se por um lado o mundo produz alimentos em quantidade capaz de suprir a necessidade de calorias da humanidade, por outro, o padrão produtivo transformou alimentos em mercadorias, às quais, grande parte da população

mundial ainda não tem acesso, assim como, milhares de agricultores não têm oportunidade de acesso às tecnologias que promoveram tamanho incremento na produtividade agrícola. Mazoyer e Roudart (2008) observam que a agricultura ‘moderna’ que triunfou nos países desenvolvidos utilizando muito capital e pouca mão de obra, penetrou apenas em pequenos setores limitados dos países em desenvolvimento. Aproximadamente 80% dos agricultores na África, 40 a 60% na América Latina e da Ásia, continuam a trabalhar exclusivamente com equipamentos manuais e, destes, apenas 15 a 20% dispõem de equipamento de tração animal. Ou seja, grande parte dos agricultores, nas diferentes regiões do mundo, pratica uma agricultura distante da ‘moderna’, ao contrário, mais se aproxima de uma agricultura nos moldes primitivos, que inclui o uso de equipamentos rudimentares de madeira, feito pelos próprios agricultores e utilizados para o plantio e cultivo de seus alimentos (MAZOYER; ROUDART, 2008).

Em paralelo à disseminação das ideias de Liebig, surgem movimentos contrários, que, segundo Ehlers (1999), valorizavam o uso de práticas culturais capazes de favorecer os processos biológicos, com uso de insumos locais e que aportassem matéria orgânica ao solo, tornando ou mantendo os sistemas de cultivos em situação de equilíbrio. Tais movimentos, denominados pelo autor de “movimentos rebeldes”, podem ser agrupados em quatro segmentos: a Agricultura Biodinâmica, iniciada pelo austríaco Rudolf Steiner, em 1924; a Agricultura Orgânica, onde o pesquisador inglês Sir Albert Howar, entre 1925 e 1930, estabeleceu os princípios desta vertente de agricultura; a Agricultura Biológica, inspirada nas ideias do suíço Hans Peter Müller e difundida no mesmo período e; a Agricultura Natural, a partir de 1935, baseada nas ideias do japonês Mokiti Okada. Ao longo do século passado, outras vertentes derivaram destes movimentos e hoje, no mundo inteiro praticam-se diversas formas de agricultura que descendem daquelas origens. Para Ehlers (1999), a principal contribuição dos que idealizaram as diferentes linhas de ‘agricultura alternativa’, como ficaram conhecidas a partir de 1970 no século passado, foi a sistematização dos princípios básicos da forma de se fazer agricultura no processo conhecido como Primeira Revolução Agrícola, onde a rotação de culturas e a integração da produção vegetal e animal eram os principais pilares do processo.

No Brasil, o movimento ecológico, nasce a partir do debate internacional, porém com conotação mais voltada para a conservação da natureza e menos voltada ao contexto da agricultura. Entretanto, na segunda metade do século passado, começam a surgir as primeiras críticas ao modelo agrícola e as questões da agricultura ganham espaço (MATTOS, 2007) e iniciam-se as primeiras experiências organizadas de agricultura ecológica, que abarcavam as diferentes vertentes alternativas, e, no final do século XX, começam a ser formulados os conceitos de Agroecologia. Segundo Altieri (1998; 2002), a Agroecologia fornece as bases metodológicas de trabalho para compreensão da natureza, atuando sobre o agroecossistema através de uma nova abordagem, capaz de integrar princípios agronômicos, ecológicos, sociais, econômicos e de avaliação das práticas sobre os sistemas agrícolas. O objetivo é alimentar os sistemas agrícolas onde as interações e os sinergismos entre os diferentes componentes mantenham a fertilidade dos solos, a produtividade e a sanidade das culturas.

Independente da denominação utilizada para as diferentes formas de se fazer agricultura, a necessidade de grande parte de agricultores do mundo inteiro é por processos que consigam manter a sustentabilidade dos agroecossistemas, proporcionando cultivos rentáveis e, com isso, permitindo sua permanência na atividade agrícola.

Dentro das várias vertentes, linhas ou estilos de ‘agricultura alternativa’, pode-se dizer que a agricultura orgânica é a que mais cresceu no mundo, ou talvez, porque ao se tratar de agricultura orgânica, trata-se também dos outros estilos. O certo é que, independente da denominação, vários países criaram legislação específica que aborda o tema agricultura orgânica, regulando desde a produção até a organização social para a comercialização dos produtos orgânicos, para procurar atender a demanda de consumo, que cresce a cada ano em todo mundo.

Willer (2008), estima que existam no mundo em torno de 700 mil propriedades e aproximadamente 30,4 milhões de hectares sob manejo orgânico. No Brasil, atualmente, a produção orgânica cresce mais lentamente do que na última década. No período de 2000 a 2004, o número de hectares sob manejo orgânico passou de 100 para 803 mil, porém, entre 2004 e 2006, o acréscimo foi de apenas 84 mil hectares, e entre 2006 e 2008 praticamente não houve crescimento. O IBGE

(2006) estabelece outro número, segundo o instituto, o Brasil conta com 4,93 milhões de hectares destinados ao cultivo orgânico.

Os produtores orgânicos brasileiros estão divididos em dois grupos: pequenos produtores familiares organizados em associações e cooperativas, que representam 90% do total de agricultores, responsáveis por cerca de 70% da produção orgânica brasileira, e grande produtores empresariais (10%) ligados à empresas privadas. Estes grupos estão concentrados na Região Sul e Sudeste. No Sul do Brasil cresce o número de propriedades familiares que aderem aos sistemas de produção orgânico, enquanto que, nos estados da Região Sudeste, a adesão é de grandes propriedades. No Sul, destaca-se a produção de hortaliças, grãos, frutas e mel, e no Sudeste, destaca-se a produção de citros e frutas tropicais, cana de açúcar, café e grãos (TERRAZZAN; VALANINI 2009).

Souza (2003) adverte para a falta de estatísticas sobre a produção orgânica de alimentos brasileira, pois não existem dados oficiais a respeito, e, este seria um dos entraves para o maior desenvolvimento do mercado de produtos orgânicos no Brasil. Campos (2000) aponta para a comercialização como um desafio ainda a ser vencido do mercado de produtos orgânicos, havendo necessidade de planejamento da produção e da comercialização e isto deve ser feito em conjunto entre todos os elos da cadeia de produção.

Entretanto, a crescente demanda por alimentos orgânicos estabelece perspectivas de crescimento com o aumento de áreas produtivas e a inclusão de novos agricultores no processo. Neste cenário, são colocados desafios para todos os segmentos inseridos no processo de produção orgânica, desde agricultores, que no Sul do Brasil, são essencialmente agricultores familiares, técnicos, pesquisadores e consumidores, dentro da esfera de responsabilidade que compete a cada parte.

2. A transição para agroecossistemas sustentáveis

Para Glissman (2000) a produção sustentável de alimentos requer a preservação dos agroecossistemas a longo prazo. Para o autor a sustentabilidade é alcançada através de práticas agrícolas orientadas pelo conhecimento dos

processos ecológicos que ocorrem nos agroecossistemas, e neste sentido, a agricultura deve dar conta de ser sustentável e altamente produtiva para poder atender a crescente demanda por alimentos da população mundial.

A discussão acerca dos processos de transição encontra-se bastante generalizada e diz respeito à ampliação da sustentabilidade de longo prazo nos distintos sistemas de produção agrícolas (MATTOS, 2007). Caporal e Costabeber (2002) trabalham o conceito de Agroecologia, enquanto ciência, que estabelece bases para a construção de estilos de agricultura sustentável, capaz de apoiar a transição para sistemas de produção de base ecológica.

Para Caporal (2008) a transição agroecológica é entendida como um processo gradual de mudança que ocorre, através do tempo, no manejo dos agroecossistemas e tem como objetivo passar de um modelo agroquímico de produção a estilos de agricultura que incorporem princípios e práticas de base ecológica. Para o autor, na transição agroecológica não estão inseridas apenas as práticas agrícolas adotadas, mas também a mudança de atitudes e valores dos atores envolvidos seja nas suas relações sociais, seja nas atitudes com respeito ao manejo e conservação dos recursos naturais.

A transição passa por diversos passos dentro e fora do sistema de produção. Para o redesenho de agroecossistemas sustentáveis, inicialmente observado por Hill (1985), Gliessman (2000) sintetizou três níveis: I – redução e racionalização do uso de insumos químicos; II – substituição de insumos e; III – manejo da biodiversidade e redesenho dos sistemas produtivos. Olhando para a realidade do Rio Grande do Sul, Costa (2006) aponta que a maioria dos agricultores inseridos em processo de produção orgânica, a qual requer um procedimento de transição e redesenho dos agroecossistemas, encontram-se nos níveis I e II. Para estes agricultores, ainda segundo o autor, uma das principais dificuldades encontradas é a disponibilidade de insumos orgânicos, dentre eles, adubos orgânicos capazes de proporcionar bons rendimentos aos cultivos e ao mesmo tempo possibilitar melhorias na qualidade do solo.

3. A necessidade de insumos orgânicos

A agricultura de base ecológica, no segmento da agricultura familiar, enfrenta várias dificuldades no que diz respeito à disponibilidade de adubos orgânicos. Muitos solos do Rio Grande do Sul possuem baixo índice de matéria orgânica (STRECK et al., 2008), o que representa, no caso da produção de base ecológica, a necessidade de incorporação de fertilizantes orgânicos capazes de suprir esta deficiência. Na produção orgânica em pequenos espaços, como por exemplo, a produção de hortaliças em ambientes protegidos, é utilizado o esterco ou o húmus oriundo de vermicompostagem produzido nas propriedades. Outra prática bastante difundida entre os agricultores é o uso de adubos verdes (COSTA, 2006). Porém, para cultivos de maior exigência nutricional, ainda há carência de fertilizantes orgânicos que ofereçam nutrientes em doses adequadas à necessidade das plantas em desenvolvimento.

Para atender a crescente demanda mundial por alimentos e, de maneira especial, por alimentos orgânicos, muitos resíduos têm sido testados e validados em estudos com o objetivo de ampliar as alternativas de fornecimento de adubos orgânicos. Materiais como esterco bovino (NEGREIROS et al., 2004), casca de arroz carbonizada (GUERRINI e TRIGUEIRO, 2004), bagaço de cana de açúcar (SEDIYAMA et al., 2000), assim como compostos, vermicompostos e resíduos vegetais mostram-se importantes componentes com potencial para serem utilizados como fertilizantes orgânicos em sistemas de produção de base ecológica,

A agricultura de base ecológica não está centralizada na simples substituição de insumos, mas, nos processos de transição, dispor de adubos orgânicos, aliados a outras práticas, é fundamental para dar suporte à crescente demanda por alimentos produzidos em sistemas orgânicos.

4. O cultivo da batata

Com centro de origem na América entre o Peru e a Bolívia, a batata é cultivada pelos povos andinos há mais de 10.500 anos (Engel, 1970). Nesta região a batata, como principal fonte de alimentação, possibilitou o surgimento e

desenvolvimento de povos como os *colla*, que habitavam os altiplanos junto ao Lago Titicaca, e os *araucanos*, que viviam junto ao Rio Bio-Bio, no Chile (Choer, 2003). Após a chegada dos europeus na América, a batata espalhou-se pelo mundo e, assim como na América, transformou-se em principal fonte de alimento em alguns países europeus, como por exemplo, na Irlanda. Neste país, em 1845, à doença conhecida requeima, provocada pelo fungo *Phytophthora infestans*, dizimou plantações de batata e provocou a morte de milhares de pessoas pela falta de alimentos. Disseminada em diversas regiões tropicais e subtropicais do mundo, a batata é ainda a base de alimentação para muitos povos, sendo hoje a quarta fonte alimentar para a humanidade (Filgueira, 2002).

A produção de batata no mundo situa-se em torno de 309 milhões de toneladas. No Brasil, a produção é de aproximadamente 3,4 milhões de toneladas (FAO, 2009). O Rio Grande do Sul é o quarto estado brasileiro em produção, com 386 mil toneladas (IBGE, 2011). Na região Sul do Rio Grande do Sul, o cultivo assume grande importância, estando vinculado à agricultura familiar (GONÇALVES, 2005).

Para Darolt (2009) o crescimento do mercado de produtos orgânicos e a busca por produtos diferenciados é uma ótima oportunidade para o crescimento da produção de batata orgânica. Segundo o autor a batata orgânica é produzida em pequenas propriedades rurais onde em áreas de plantio que raramente superam dois hectares, é a principal fonte de renda para os agricultores, pois participa de um esquema de diversificação de culturas.

No Rio Grande do Sul, assim como na Região Sul do Brasil, a batata é cultivada em diferentes tipos de solos, os quais apresentam variação quanto a fertilidade (FREIRE, 2003). Diante disso, e considerando a exigência nutricional da cultura, pode ser necessário o fornecimento de até 160 kg ha⁻¹ de N, 360 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 220 kg ha⁻¹ de K₂O (SBCS, 2004). Ao planejar o plantio de batata em sistemas orgânicos de produção é necessário considerar que a cultura tem alta taxa de crescimento e um ciclo de vida relativamente curto. Isto, se por um lado determina a resposta da cultura à aplicação de fertilizantes orgânicos, por outro, promove elevada extração de nutrientes do solo via tubérculos (RICHTER; RADOMSKI, 2009). Uma tonelada de tubérculos de batata extrai em média de 3 a 5

kg de N, 0,3 a 0,5 kg de P, 4 a 6,5 kg de K, 0,5 a 1,5 kg de Ca, 0,1 a 0,03 kg de Mg e 0,3 a 0,8 kg de S, além dos micronutrientes B, Zn, Fe, Cu, Mn e Mo (EMBRAPA, 2007).

Experiências de cultivo de batata em sistemas de produção orgânicos têm distintos resultados em termos de produtividade. Souza e Rezende (2003), com uso de 30 Mg ha⁻¹ de composto orgânico, obtiveram produtividade média de 15 Mg ha⁻¹. Rossi et al. (2011), com uso de adubos verdes, em estudo de diferentes cultivares em sistemas orgânicos de produção, obtiveram rendimento de 24 Mg ha⁻¹ com a cv. APTA, 12 Mg ha⁻¹ com a cv. Asterix e 9 Mg ha⁻¹ com a cv. Catucha. Gonçalves, Medeiros e Nazareno (2009) em comparação de dois sistemas de produção orgânica, observaram rendimento de tubérculos de 13,5 Mg ha⁻¹ para a cv Asterix e 12,3 Mg ha⁻¹ para a cv. Macaca, na safra de primavera e 8,7 Mg ha⁻¹ e 7,2 Mg ha⁻¹ na safra de outono, para as cultivares Elisa e Macaca, respectivamente. Marques, Richter e Nazareno (2010) obtiveram rendimento de 16 e 15 Mg ha⁻¹ com uso de esterco de aves, compostos orgânicos e preparados biodinâmico. Darlot et al. (2003) obtiveram rendimento de 10,3 Mg ha⁻¹ com o uso de esterco, biofertilizantes, compostos, adubos verdes e rochas naturais.

De forma geral, nos sistemas orgânicos de produção de batatas ainda se encontram grandes diferenças em relação à produtividade. No entanto, os cultivos orgânicos, em que se substituem fertilizantes químicos e agrotóxicos por adubação orgânica e manejo diferenciado, surgem como uma alternativa de manejo sustentável (Darlot et al., 2003).

5. Potencial de utilização de resíduos da produção de agroenergia como adubos orgânicos em cultivos de base ecológica

A produção de agroenergia a partir de oleaginosas se insere de forma crescente na matriz energética brasileira. Com este aumento são gerados coprodutos que podem ser utilizados para potencializar o desenvolvimento de outras atividades agrícolas e, de forma especial, os sistemas produtivos de base ecológica.

A partir do lançamento do Programa Nacional de Produção de Biodiesel (PNPB), em dezembro de 2004, ações estão sendo desenvolvidas no sentido de melhorar a utilização dos coprodutos gerados a partir do uso das culturas oleaginosas para produção de biodiesel. Dentre estes coprodutos destacam-se as chamadas tortas, que são os resíduos da extração do óleo vegetal (BELTRÃO, 2002).

A inclusão de diferentes matérias primas oleaginosas está entre as ações propostas pelo PNPB. Dentre as matérias primas, destaca-se a mamona (*Ricinus communis* L.) e o tungue (*Aleurites fordii*). A mamona possui teor de óleo entre 43 e 49% (PIRES, 2004), enquanto o tungue alcança 43% de óleo na amêndoa (DUKE, 1983). A mamona é possível ser cultivada em diversos estados brasileiros, conforme o zoneamento do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, MAPA. O tungue, que exige temperaturas baixas para quebra de dormência, apresenta-se como uma possibilidade para o Rio Grande do Sul, onde já é cultivado por alguns agricultores para a produção de óleo usado na indústria oleoquímica, sendo uma alternativa de grande potencial por apresentar elevado rendimento de óleo (CASAGRANDE JR. et al., 2008).

A área plantada com mamona no Brasil é de aproximadamente 121 mil hectares. Os principais estados produtores são Bahia (90.031 ha), Ceará (15.131 ha), Minas Gerais (7.069 ha), Pernambuco (4.618 ha) e Piauí (3.157 ha) (IBGE, 2011). Estados como o Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo, Rio Grande do Norte e Paraíba também apresentam plantio, porém em menor área. No Rio Grande do Sul em 2011 a área plantada foi de 145 hectares, porém já foram registrados 3.753 hectares nos anos de 2007 e 2008. A produtividade média é inversamente proporcional a área cultivada, como acontece com a maioria dos cultivos. Enquanto na Bahia, colhe-se 638 kg ha^{-1} , no Rio Grande do Sul colhe-se 1.255 kg ha^{-1} (IBGE, 2011) com potencial de atingir 2.400 kg ha^{-1} (SILVA; CASAGRANDE JR; SCIVITTARO, 2007).

Com relação ao tungue a área plantada em 2011, foi de 171 hectares, a mesma registrada desde 2005, sendo que, o plantio encontra-se concentrado no Rio Grande do Sul. Plantios posteriores foram realizados, porém ainda sem serem estatisticamente registrados. Segundo Casagrande Jr. et al. (2008), em trabalho

realizado na Serra Gaúcha, o tungue apresentou produtividade média de 9.236 kg ha⁻¹ do fruto seco e 4.448 kg ha⁻¹ de produção de sementes, revelando alto potencial de produção de óleo.

Para cada tonelada de grãos de mamona são gerados em torno de 540 kg de torta de mamona (SEVERINO, 2005). Semelhante quantidade é gerada de torta de tungue.

Em testes realizados com amostras de torta de mamona foram encontrados diferentes teores de Nitrogênio, Fósforo e Potássio. Em análise realizada por Severino et al. (2004), foram encontrados: N – 4,60%; P – 3,00%; K – 0,96%, enquanto que Lima et al. (2006), menciona teores de: N – 7,54%; P – 3,11%; K – 0,66%. Estes teores podem variar de acordo com a cultivar e com as condições edafoclimáticas no período de cultivo.

Segundo Costa et al. (2008), a torta de mamona possui excelentes propriedades químicas para uso na agricultura, com elevado teor de Nitrogênio e outros importantes nutrientes. A torta de mamona é um excelente fertilizante orgânico, pois além do N, possui elevado conteúdo de fósforo e cálcio quando comparada a outros adubos orgânicos, podendo assim, ser usada como adubo em qualquer cultura (BELTRÃO, 2002). A adição de torta de mamona no solo, além de suprir as necessidades nutricionais das plantas, aumenta o pH, reduz a acidez total, eleva o conteúdo de carbono e promove melhoria geral na parte física do solo, além de apresentar resultados positivos no controle de nematoides fitopatogênicos.

O interesse por alternativas não químicas para o controle de nematoides tem crescido muito, principalmente por restrições ao uso nematecidas como o brometo de metila entre outros, pelos riscos às pessoas e ao meio ambiente (RITZINGER, 2004). Em testes realizados com a utilização da torta de mamona no controle de fitonematóides os resultados foram positivos, com a diminuição da população. No cafeeiro a torta de mamona também se mostrou eficiente no controle de nematóides (DUTRA et al., 2004).

Gomes et al. (2006), utilizando a torta de mamona no controle de nematóide na cultura do pessegueiro, concluiu que biofumigação do solo com torta de mamona, demonstra ser um método alternativo eficiente no controle de *M. xenoplax* e

Helicotylenchus sp. Neste mesmo trabalho, os autores observam que quando um material orgânico é incorporado ao solo, além de favorecer a multiplicação de inimigos naturais, sua decomposição resulta na liberação de alguns compostos nocivos aos nematóides.

Severino et al. (2004), detectou grande atividade microbiana no solo em que se adicionou torta de mamona. Este é um indicativo de que a decomposição desse material é rápida e que os nutrientes são prontamente mineralizados e disponibilizados para as plantas logo após sua adição ao solo. Esta é uma característica que se busca nos materiais usados como adubo orgânico.

Em relação ao tungue o óleo é muito valorizado pela indústria química e é utilizado principalmente na fabricação de tintas e resinas, pela sua característica de secagem rápida (GRUSZYNSKI, 2002). O cultivo de tungue no Brasil é realizado predominantemente em pequenas propriedades com economia baseada na exploração da mão de obra familiar. De maneira geral, sabe-se que a torta de tungue pode ser utilizada como adubo orgânico. Entretanto, seus efeitos sobre o solo e sobre os cultivos são praticamente desconhecidos.

As tortas das oleaginosas, resíduos da extração do óleo vegetal, que não podem ser usadas na alimentação humana ou animal, tornam-se importantes insumos com potencial de uso como adubo orgânico para a produção agrícola de base ecológica, assim como para a recuperação de solos que se encontram degradados e empobrecidos. Este potencial fica evidente em função da composição química das tortas de mamona e de tungue e pela perspectiva de aumento da produção de oleaginosas na matriz energética brasileira.

6. Matéria orgânica do solo

A frequente utilização dos solos provoca alterações do conteúdo da matéria orgânica ao longo do tempo, podendo conduzir a processos de degradação da qualidade do solo a ponto de comprometer a viabilidade de cultivos nos agroecossistemas. Ao contrário do processo de degradação, a recuperação da qualidade do solo é lenta (SANTOS et al, 2008). Os adubos orgânicos quando

incorporados ao solo promovem o aumento da matéria orgânica, a qual funciona como fonte de energia para os microrganismos, melhora a estrutura, o arejamento e a capacidade de armazenar umidade, regula a temperatura do solo, retarda a fixação de fósforo, aumentando a capacidade de troca catiônica (CTC), ajuda a reter o potássio, o cálcio e o magnésio, entre outros nutrientes, em formas disponíveis às raízes das plantas (MALAVOLTA; PIMENTEL-GOMES; ALCARDE 2011). Troeh e Thompson (2007) observam que compostos orgânicos, de origem animal ou vegetal, quando incorporados à matriz do solo compõem a base da matéria orgânica. As frações dos resíduos animais e vegetais incorporadas são decompostas e os elementos químicos liberados ao longo do tempo. Frações mais lentamente decompostas são transformadas em húmus, assim, os componentes dos resíduos animais e vegetais exercem influência nos solos de maneira persistente e duradoura (BRADY, 1989).

Neto (2011) destaca o benefício que os adubos orgânicos promovem sobre a matéria orgânica e as propriedades químicas (aumento da CTC, do pH e nutrientes), físicas (formação de agregados mais estáveis) e biológicas (aumento da atividade biológica) do solo. O conteúdo de matéria orgânica de um solo resulta da decomposição de resíduos animais e vegetais depositados sobre a superfície ou misturados ao solo (WHITE, 2009) e varia com as práticas de manejo adotadas (BRITO, et al., 2005). Igue (1984) e Raij (1991) observam que o efeito positivo da matéria orgânica nas características dos solos está relacionado à agregação das partículas e à estabilização dos agregados, o que resulta em maior porosidade, aeração e retenção de água. Em solos tropicais e subtropicais de climas úmidos, a decomposição da matéria orgânica ocorre rapidamente, sendo que uma redução excessiva no seu teor afetará negativamente as funções química, física e biológica destes solos, ocasionando diminuição da produtividade das culturas (MALAVOLTA, PIMENTEL-GOMES; ALCARDE, 2011). A matéria orgânica do solo apresenta potencial para ser utilizada como um dos atributos da qualidade do solo (DORAN; PARKIN, 1994; MIELNICZUK, 2008), pois é fonte primária de nutrientes às plantas (GREGORICH et al., 1994).

Estudos têm demonstrado a eficiência dos resíduos orgânicos nas propriedades do solo e no aumento da produtividade das culturas. Holanda,

Mielniczuk e Stammel (1992) observaram que a adição de esterco de aves, resultou no aumento da CTC, nos teores de Ca e Mg e reduziu a saturação por alumínio. No entanto, efeitos negativos associados à adição de resíduos orgânicos ao solo também são constatados. Kiehl (1985) relata que a aplicação de resíduos com alta relação C/N induzem a deficiência de nitrogênio às culturas. Contudo, ainda são escassas informações mais detalhadas sobre o comportamento destes materiais quando dispostos em solo.

Diferentes práticas têm sido utilizadas para melhorar os níveis de matéria orgânica do solo. Dentre elas, destaca-se a preservação de restos vegetais dos cultivos, a incorporação de adubos verdes e adição de resíduos animais e vegetais. A quantidade de resíduos orgânicos a ser adicionada em determinada área depende da composição do material, do nível de fertilidade do solo e da exigência nutricional da cultura a ser explorada (DURIGON et al, 2002).

7. Decomposição de resíduos vegetais e liberação de nutriente

A decomposição de resíduos é uma especialidade dos microrganismos do solo (TROEH; THOMPON, 2007). Em condições favoráveis de aeração e umidade e havendo a presença desses organismos, a decomposição é inicialmente rápida, decrescendo com o tempo (KIEHL, 1985). A decomposição é acompanhada pelo aumento da taxa de produção de CO₂, decorrente do ataque por organismos do solo. As mudanças que ocorrem nos resíduos vegetais levam à mineralização e também à síntese de novos compostos menos suscetíveis à decomposição, que coletivamente formam o húmus (WHITE, 2009).

A decomposição pode ser definida como a alteração da estrutura química e física original de um material orgânico, realizada pelos organismos do solo que, inicialmente atacam as estruturas mais disponíveis e que envolvem menor gasto de energia. Enquanto a decomposição avança as estruturas mais resistentes tendem a se acumular (BALDOK; OADES; WATEERS, 1992). Kögel Knaber (2002) confirma que a decomposição de resíduos de plantas envolve inicialmente perda de carboidratos (celulose e hemicelulose), seguida pela lenta transformação de

estruturas como a lignina e finalmente do carbono, considerado altamente recalcitrante.

Ao incorporar resíduos orgânicos ao solo, dois processos são observados: mineralização e imobilização. A mineralização é a conversão de um elemento da forma orgânica para a forma inorgânica. Celulose, hemicelulose e proteínas são suscetíveis ao ataque microbiano, sendo rapidamente decompostas e utilizadas como fonte de carbono, nutrientes e energia. Parte destes elementos é decomposta em CO_2 , H_2O e NH_3 , sendo a outra parte incorporada à biomassa microbiana. Este é o principal caminho para a formação do húmus. A imobilização é a conversão de um elemento de forma inorgânica em orgânica, via absorção pelos microrganismos e plantas, seguida pela incorporação na biomassa (SILVA; RESCK, 1997). A mineralização e a imobilização serão determinadas pelas condições químicas do solo, composição dos organismos no solo e dos resíduos e condições climáticas (MALAVOLTA, 2006).

Reinertsen et al. (1984) e Christensen (1985) observam que inicialmente a velocidade de decomposição de resíduos vegetais é rápida, consequência da facilidade com que os compostos orgânicos, especialmente os carboidratos da fração solúvel em água, são utilizados pela população microbiana. Para Giacomini et al (2003), a velocidade de decomposição de resíduos vegetais e a liberação de nutrientes durante o processo de decomposição, está vinculada à localização e a forma que esses nutrientes se encontram no tecido vegetal. Paul e Clark (1996), observam que a decomposição de resíduos é afetada por fatores climáticos, especialmente temperatura e umidade, condições do solo (pH e organismos) e a composição dos próprios resíduos (fração solúvel, nutrientes, lignina, relação C/N).

Diferenças nas taxas e na velocidade de decomposição são observadas para os diferentes resíduos vegetais. Estas diferenças são atribuídas às características destes resíduos, especialmente a concentração de N, lignina, C, compostos fenólicos e relação C/N (AZEVEDO; SPEHAR, 2002). Gallardo e Merino (1993), em estudo de decomposição de espécies arbóreas e arbustivas, identificaram duas fases do processo de decomposição, sendo a primeira em até dois meses após o início do processo, onde ocorre a perda dos compostos solúveis, e a segunda, que pode ser muito duradoura, onde ocorre o ataque nos compostos

estruturais recalcitrantes. Semelhante observação foi realizada por Padovan et al., (2006), onde a análise de decomposição de resíduos de soja, num período de 115 dias após o corte, apresentou duas fases distintas, sendo a primeira, considerada rápida, até 30 dias, e a segunda, mais lenta, a partir deste período. Cruz (2009) em estudo de decomposição de resíduos em sistemas de produção em terras baixas encontrou maior taxa e velocidade de decomposição para os resíduos de trevo branco, em comparação ao azevém, arroz, milho, soja e o consórcio azevém + trevo branco. Cereta et al. (2002) observou que a taxa de decomposição do nabo forrageiro foi superior a da aveia preta e do consórcio aveia + ervilhaca e atribuiu o resultado à relação C/N do tecido, que no caso do nabo forrageiro é menor do que da aveia preta e da aveia + ervilhaca. Aita e Giacomini (2003), em estudo de decomposição e liberação de N de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas, observaram que as gramíneas (aveia preta), apesar de apresentarem menor concentração de lignina do que as leguminosas (ervilhaca comum) foram mais lentamente decompostas do que as leguminosas. Giacomini et al. (2003), observaram cinética de decomposição de resíduos e liberação de P e K distinta para os resíduos aveia preta, ervilhaca comum e nabo forrageiro e o consórcio de aveia + ervilhaca. Na ervilhaca, 15 dias após a disposição dos resíduos a campo, em torno de 40% do P havia sido liberado, enquanto no nabo forrageiro e na aveia preta esse índice foi de apenas 10%, diferenças atribuídas a maior concentração de P solúvel em água da ervilhaca comparativamente aos outros resíduos. Quanto ao K, os autores observaram que a liberação deste nutriente foi 4,5 vezes superior à observada para o P. Segundo Marschner (1995), o fato do K não estar associado aos componentes estruturais do tecido vegetal faz com que esse nutriente seja facilmente liberado.

Para Linch (1996) e Alvarenga et al. (2001), a dinâmica de decomposição dos resíduos vegetais e a liberação de nutrientes, dependem da natureza do material, da fertilidade do solo, da qualidade e quantidade dos nutrientes orgânicos disponíveis e das condições climáticas, especialmente precipitação e temperatura. Isolados ou em conjunto, estes fatores podem influenciar a taxa e a velocidade de decomposição e a liberação de nutrientes ao solo. Segundo Vanlauwe et al. (1997) não existe consenso quanto ao melhor indicador de decomposição dos resíduos. No entanto, alguns aspectos têm sido adotados na maioria dos estudos. Estes aspectos

são principalmente a relação C/N do material, a relação lignina/N, concentrações de lignina e polifenóis, composição química do material e composição dos organismos do solo (MELILLO; ABER; MURATORE, 1992; BERENDSE; BERG; BOSSATA, 1997).

As alterações qualitativas que ocorrem durante o processo de decomposição dos resíduos adicionados ao solo ainda são pouco exploradas, especialmente com enfoque nos sistemas de produção de base ecológica. A identificação da dinâmica de decomposição destes resíduos permitirá identificar a melhor forma de sua utilização em consonância com a liberação de nutrientes para o sistema e o aproveitamento pelos cultivos.

METODOLOGIA GERAL

O estudo foi realizado na Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS, latitude 31°37' Sul e longitude 52°21' Oeste, localizada a 160 metros de altitude em relação ao nível do mar (REISSER JÚNIOR et.al., 2005). O solo predominante é do tipo ARGISSOLO (EMBRAPA, 2013).

Foram conduzidos quatro experimentos com a cultura da batata nas safras de primavera 2010, outono 2011, primavera 2011 e outono 2012, e dois experimentos de decomposição de resíduos das tortas de mamona e de tungue, sendo um na safra de outono 2011, conduzido em condições de campo e em ambiente protegido, e outro na safra de primavera 2011, repetindo-se os ambientes.

Os experimentos foram delineados em blocos casualizados com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de 4 linhas de 2,5m de comprimento, com espaçamento de 0,80m entre linhas e 0,30cm entre plantas na linha, ou seja, cada parcela mediu 6m² e a área total dos experimentos foi de 340,20m². Consideraram-se como área útil as duas linhas centrais de parcela. Cada experimento foi formado por oito tratamentos constituindo-se da aplicação de tortas de mamona e de tungue, nas dosagens de 50%, 100% e 200% da recomendação de adubação para a cultura da batata, e duas testemunhas, com e sem adubação química.

Avaliou-se o efeito das dosagens das tortas de mamona e de tungue utilizadas sobre: o rendimento total e comercial de tubérculos de batata; número de tubérculos por planta; peso médio de tubérculos; estande de plantas; controle sobre insetos residentes em solo e causadores de danos aos tubérculos e; alterações nas características químicas do solo.

Para a realização do estudo de decomposição das tortas de mamona e de tungue a campo e em ambiente protegido, as tortas foram acondicionadas em bolsas de decomposição. Os tratamentos constituíram-se de dois tipos de resíduos (tortas de mamona e de tungue), dois ambientes (em condições de campo e em ambiente protegido), dois tamanhos de bolsas (0,2 x 0,2 m – bolsa grande e 0,15 x 0,07 m – bolsa pequena) e nove períodos de decomposição (0, 7, 14, 21, 28, 45, 60, 90 e 120 dias). O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Aos 0, 7, 14, 21, 28, 45, 60, 90 e 120 dias após a disposição dos resíduos, amostras foram coletadas, secas em estufa ventilada a 65°C até peso constante, pesadas e moídas até 0,05 mm, para realização de análise química onde foram determinados os teores de C, N, P, K, Ca e Mg remanescentes nos materiais.

CAPÍTULO I

PRODUÇÃO DE BATATA EM SISTEMA DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA DE BASE ECOLÓGICA COM UTILIZAÇÃO DE TORTAS DE MAMONA E DE TUNGUE COMO ADUBAÇÃO ORGÂNICA

1. INTRODUÇÃO

Com centro de origem entre o Peru e a Bolívia (Filgueira, 2002), a batata é cultivada há milênios pelos povos andinos. Após a entrada dos espanhóis na América, a batata disseminou-se pelo mundo e atualmente é cultivada nas mais distintas regiões do planeta, constituindo-se na quarta fonte de alimento da humanidade, superada apenas pelo arroz, trigo e milho.

A batata é a olerácea de maior importância no Brasil e no mundo (Filgueira, 2002). No Brasil, o cultivo de batata, teve como berço de produção a Região Sul (PEREIRA; DANIELS, 2003), posteriormente expandiu-se para outras regiões do País, onde ocupa grande diversidade de solos com diferentes níveis de fertilidade. A expansão da produção de batata deu-se especialmente para as Regiões Sudeste e Centro Oeste. Nestas Regiões, as características de produção são distintas das historicamente encontradas no Sul do país. No Sul, o cultivo encontra-se alicerçado na produção de base familiar, enquanto no Sudeste e Centro Oeste predominam grandes extensões de plantio altamente tecnificados. A produtividade dos estados da Região Sul é em média 17.780 kg ha⁻¹, no Rio Grande do Sul, 15.800 kg ha⁻¹, em Santa Catarina e 25.580 kg ha⁻¹, no Paraná. Em Minas Gerais a produtividade alcança 30.510 kg ha⁻¹ (AGRIANUAL, 2012).

Em 1960, na Região Sul do Brasil, os produtores de batata, somavam aproximadamente 100.000, passando para menos de 25.000 no ano de 2000, e, no Rio Grande do Sul, o número passou de 50.000 em 1976 para menos de 10.000 em 2003 (FIOREZE; CERETTA, 2006). Fioreze (2003) aponta a comercialização e os crescentes custos de produção como as principais causas da diminuição do número de bataticultores nos estados do Sul, especialmente no Rio Grande do Sul. No que diz respeito a comercialização, aspectos estéticos do tubérculo como batata de pele branca, lisa e brilhante, como exigência do mercado, colocaram a produção gaúcha em desvantagem com relação aos estados do centro sul, como Paraná, São Paulo e Minas Gerais. Mesmo com dificuldades em termos de competição com outras Regiões brasileiras, a cultura da batata tem grande importância para a agricultura familiar da Região Sul do Brasil.

A batata é uma planta exigente em adubação. Segundo a Comissão de Fertilidade do Solo para o Rio Grande do Sul e Santa Catarina, a quantidade, por exemplo, de Nitrogênio a ser aplicada pode variar entre 60 e 120 kg.ha⁻¹. Em sistemas convencionais de cultivo de batata, é comum o uso intensivo de insumos e crescente uso de fertilizantes e agrotóxicos (REIS JR. e MONNERAT, 2001). Nestes sistemas, embora seja considerável o aumento na produtividade, os custos de produção são elevados. Em Minas Gerais o custo de produção de batata é em média R\$ 24.400,00/hectare, e em São Paulo, R\$ 19.000,00/hectare. Além disso, ficam cada vez mais evidentes os problemas ambientais decorrentes do uso excessivo de fertilizantes químicos e agrotóxicos, e a erosão de solo e de nutrientes ocasionados por revolvimento demasiado do solo. Neste sentido, alternativas voltadas para sistemas agrícolas com diminuição de custos, riscos e danos ambientais são cada vez mais necessárias. Estudo de custos de produção em sistemas orgânicos de produção de batata no Rio Grande do Sul apontou valores da ordem de R\$ 5.200,00/ha⁻¹ (GONÇALVES; MEDEIROS; NAZARENO, 2009).

Observa-se que há um esforço por parte de organizações da sociedade civil, assim como entidades de ensino, pesquisa e extensão, em criar um ambiente favorável para o envolvimento de agricultores familiares em processos de produção de base ecológica. Porém, uma das principais dificuldades encontradas pelos agricultores é a disponibilidade de insumos orgânicos, dentre eles, fertilizantes

capazes de proporcionar rendimentos satisfatórios e ao mesmo tempo possibilitar melhorias na qualidade do solo.

Os sistemas agrícolas convencionais acarretam perdas de carbono orgânico, o que afeta de forma negativa as características físicas, químicas e biológicas do solo e ocasiona, como consequência, a redução do rendimento das culturas (COSTA, 2008). Para o desenvolvimento sadio dos cultivos, o solo é a base fundamental (CHABOUSSOU, 1999). Melhorar a qualidade do solo através do aporte de matéria orgânica tem sido, ao longo dos anos, um desafio no trabalho em sistemas de produção de base ecológica. A matéria orgânica do solo é fator de primeira grandeza, pois dela dependem grande parte das reações químicas e ações biológicas que ocorrem no solo, afetando diretamente sua fertilidade.

Solos onde a presença de matéria orgânica encontra-se deficiente tendem a apresentar problemas na estrutura física, redução na capacidade de absorver e reter água (REICHARDT; TIM, 2012; VAN LIER, 2010), além de provocarem redução na absorção de nutrientes pelas plantas. A manutenção de teores satisfatórios de matéria orgânica, seja pela ciclagem natural ou aporte externo de material orgânico, possibilita o equilíbrio no sistema solo planta, compensando as perdas pela decomposição natural ou pelo consumo dos cultivos.

Muitos resíduos orgânicos com potencial para serem utilizados como adubos, têm sido testados e validados em trabalhos de pesquisa no intuito de ampliar as alternativas para os agricultores familiares inseridos em processos produtivos de base ecológica. Estes trabalhos confirmam a importância dos adubos orgânicos com vistas a melhorar a estrutura dos solos assim como aumentar a produtividade de cultivos. A incorporação de adubos orgânicos promove aumento do teor de matéria orgânica no solo, promovendo mudanças nas suas características físicas, químicas e biológicas, pois melhora a estrutura, aumenta a capacidade de retenção de água e a aeração, permitindo maior penetração e distribuição das raízes (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Materiais como esterco bovino (NEGREIROS et al., 2004), casca de arroz carbonizada (GUERRINI; TRIGUEIRO, 2004), bagaço de cana de açúcar (SEDIYAMA et al., 2000), dentre outros, têm se destacado como ingredientes importantes para compor adubos orgânicos (SEVERINO; LIMA; BELTÃO, 2006).

A torta de mamona, coproduto da extração do óleo, possui excelentes propriedades químicas para uso na agricultura, com elevado teor de nitrogênio e outros importantes nutrientes, sendo utilizada como adubo orgânico para as culturas de um modo geral (COSTA, et al., 2004). O elevado conteúdo de nutrientes quando comparada a outros adubos orgânicos, permite que a torta de mamona seja usada como adubo em qualquer cultura (BELTRÃO, 2002). Tedesco et al. (2008) atribuem à torta de mamona funções de condicionador de solo com grande potencial de mineralização de nitrogênio.

A utilização da torta de mamona como fertilizante, com dosagens variando de acordo com a cultura e o tipo de solo, além de suprir as necessidades nutricionais das plantas, aumenta o pH, reduz a acidez total, eleva o conteúdo de carbono e promove melhoria geral nas propriedades físicas do solo, além de reduzir populações de nematoides patogênicos (BELTRÃO, 2002).

Severino et al. (2004), detectaram grande atividade microbiana no solo em que se adicionou torta de mamona, indicativo, possivelmente, de rápida decomposição do material adicionado, e, por conseguinte, que seus nutrientes foram prontamente disponibilizados para as plantas logo após sua adição ao solo. Esta é uma característica que se busca nos materiais usados como adubo orgânico.

Em relação ao tungue, seu óleo é muito valorizado pela indústria química e é utilizado principalmente na fabricação de tintas e resinas, pela sua característica de secagem rápida. O cultivo de tungue no Brasil é realizado predominantemente em pequenas propriedades com economia baseada na exploração da mão-de-obra familiar (GRUSZYNSKY, 2002). Sendo o tungue uma espécie pouco exigente em fertilidade e que pode contribuir nos processos de ciclagem de nutrientes, seja pela deposição de folheto, seja pela aplicação da torta após a extração do óleo (RADOMSKI et al., 2009), sua inserção nos sistemas de produção agrícola familiares, representa uma alternativa de adubação orgânica.

A literatura a respeito da utilização da torta de tungue como adubo orgânico é insipiente, assim como informações sobre o próprio cultivo. Porém, a crescente necessidade de diversificação da matriz produtiva de agroenergia aumenta a

demanda por novas culturas economicamente viáveis, onde o tungue se insere como potencial alternativa.

As tortas das oleaginosas, resíduos da extração do óleo, que não podem ser usadas na alimentação humana ou animal, como por exemplo, as tortas de mamona e de tungue, tornam-se importantes insumos para a produção agrícola de base ecológica, assim como, para a recuperação de solos que se encontram degradados e empobrecidos.

A maioria dos resíduos orgânicos até agora testados como adubos possuem teores de N não muito elevados, o que torna necessário uma grande quantidade do material conforme a recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC. O vermicomposto e o esterco sólido de bovinos possuem em torno de 1,5% de N, enquanto o esterco líquido de suínos apresenta 2,1% (BISSANI et al., 2008). A torta de mamona apresenta em torno de 4,0% (LIMA et al., 2006), e a de tungue entre 1,69 e 3,4% de N, conforme análises químicas realizada durante a condução do presente estudo.

Sistemas orgânicos de produção de batata mostram-se economicamente viáveis (GONÇALVES; MEDEIROS; NAZARENO, 2009). Com a demanda por produtos orgânicos em expansão, surge o desafio de consolidar práticas adequadas de produção e aumentar a disponibilidade de adubos orgânicos, capazes de permitir a ampliação da área hoje cultivada com a cultura. Os resíduos da produção de agroenergia podem ser mais uma fonte de adubos orgânicos disponíveis aos agricultores familiares inseridos em sistemas de produção de base ecológica.

Neste cenário, a investigação do comportamento das tortas de mamona e de tungue como adubo orgânico em sistemas de produção de base ecológica é importante no sentido de estabelecer critérios para sua utilização. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito das tortas de mamona e de tungue como fertilizante orgânico no cultivo de batata em bases ecológicas, estabelecer as dosagens mais adequadas destes materiais, avaliar o efeito das tortas de mamona e de tungue sobre insetos residentes no solo causadores de danos aos tubérculos e, avaliar o efeito das tortas de mamona e de tungue sobre os atributos químicos do solo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados na Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS, latitude 31°37' Sul e longitude 52°31' Oeste, com 160 metros de altitude. O solo predominante é classificado como ARGISSOLO (EMBRAPA, 2013). A classificação do clima da região, conforme W. Köppen é do tipo “cfa” – clima temperado, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano e verões quentes (MOTA et al., 1986).

Os estudos foram conduzidos com a cultura da batata, em diferentes áreas, nas safras de primavera 2010 e outono 2011 com a cultivar Clara, e, primavera 2011 e outono 2012, com a cultivar Catucha, totalizando quatro experimentos. Na safra de primavera 2010, o plantio foi realizado dia 05 de outubro de 2010 e a colheita dia 18 de janeiro de 2011. Na safra de outono 2011, o plantio foi realizado dia 03 de março e a colheita dia 19 de junho de 2011. Na safra de primavera 2011, o plantio foi realizado dia 05 de outubro de 2011 e a colheita dia 17 de janeiro de 2012. Na safra de outono 2012, o plantio foi realizado dia 01 de março e a colheita dia 13 de junho de 2012.

Os experimentos foram delineados em casualização por blocos com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de 4 linhas de 2,5m de comprimento, com espaçamento de 0,80m entre linhas e 0,30cm entre plantas na linha, ou seja, cada parcela mediu 6m², sendo a área total do experimento de 340,20m². Considerou-se como área útil as duas linhas centrais de parcela.

Os experimentos foram conduzidos em áreas com histórico de adubação verde (aveia preta, ervilhaca e nabo forrageiro). Antes do plantio foi realizada a aração do solo, seguida de gradagem. Os sulcos para o plantio dos tubérculos foram abertos manualmente com uso de enxada. A adubação foi feita na linha de plantio

no momento da semeadura, sendo os adubos misturados ao solo. As dosagens foram calculadas com base na composição das tortas (Tab.1), análise de solo (Tab. 2) e demanda da cultura, suprimindo a necessidade de nitrogênio. Onde as tortas não supriram a necessidade de fósforo e potássio, usou-se fosfato natural e fonolito, respectivamente, para atender a recomendação. Calculou-se a adubação para expectativa de rendimento de até 20 Mg ha⁻¹ de batata. Os cálculos para adubação foram realizados utilizando-se a fórmula para adubação orgânica recomendada pela SBCS (2004):

$$QD = A \times B/100 \times C/100 \times D \quad [1]$$

Onde:

QD = quantidade disponível (demanda de determinado nutriente pela cultura);

A = quantidade do material orgânico a ser aplicado, em kg ha⁻¹;

B = porcentagem de matéria seca do material orgânico;

C = porcentagem do nutriente no material orgânico;

D = índice de eficiência do nutriente no material orgânico.

Tabela 01 – Composição química e relação C/N das tortas de mamona e de tungue utilizadas nos experimentos. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Materiais	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu
	%						
Torta de Mamona ¹	8,35	0,76	1,50	0,95	0,1		24,80
Torta de Tungue ¹	1,69	0,33	1,06	0,05	0,0		7,97
Torta de Mamona ²	5,30	0,67	1,00	1,50	0,7	0	31,00
Torta de Tungue ²	3,40	0,44	0,75	0,39	0,4	0	10,00

Tabela 01 – Continuação

Materiais	Zn	Fe	Mn	Na	B	C _{org}	C/N	MS
	mg/kg					g kg ⁻¹		%
Torta de Mamona ¹	103,90	1788	94,95			336	04:01	86,5
Torta de Tungue ¹	30,98	222,5	30,46			329	20:01	90,0
Torta de Mamona ²	118,00	270,0	124,00	107	23	350	06:01	90,0
Torta de Tungue ²	37,00	296,0	25,00	20	20	400	12:01	95,0

¹ Materiais utilizados nas safras de primavera 2010 e outono 2011.

² Materiais utilizados nas safras de primavera 2011 e outono 2012.

Tabela 02 – Características químicas e físicas dos solos onde foram desenvolvidos os experimentos. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Safras	pH água	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC _{efetiva}	Saturação (%)	
	01:01	cmol c/dm ³					Al	Bases
Primavera 2010	6,0	6,1	3,0	1,0	2,2	8,5	1,2	79
Outono 2011	5,9	3,8	1,0	0,1	2,5	5,8	3,0	66
Primavera 2011	5,9	2,4	1,3	0,1	3,0	4,9	2,2	60
Outono 2012	6.4	6,3	2,8	0,0	5,0	2,5	0,0	75

Tabela 02 – Continuação

Safras	Índice SMP	MO	Argila	Textura	P	K	CTC _{pH7}
		%			mg/dm ³		
Primavera 2010	6,5	2,2	26	3,0	29,7	89	8,7
Outono 2011	6,3	1,0	21	3,0	50,7	96	7,0
Primavera 2011	6.4	2,2	20	3,0	15,4	70	7,5
Outono 2012	3,0	24	2,2	5,1	83,0	11	8,5

Os tratamentos utilizados (Tab. 03) constituíram-se da aplicação de tortas de mamona e de tungue, nas dosagens de 50%, 100% e 200% da recomendação da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (2004), e duas testemunhas, sem adubação e com adubação química. As tortas foram adquiridas diretamente das indústrias extratoras de óleo vegetal, sendo a torta de mamona adquirida da empresa A. Azevedo Indústria e Comércio de Óleos Ltda, de Itupeva, São Paulo e a torta de tungue da Indústria de Óleos Varela Ltda, de Fagundes Varela, Rio Grande do Sul.

As tortas de mamona e de tungue apresentaram diferenças na composição química por serem adquiridas em épocas diferentes, mesmo sendo obtidos nas mesmas indústrias. A diferença na composição química pode estar relacionada a diferenças no ambiente onde foram produzidas as oleaginosas, à cultivar utilizada e as das condições de armazenamento das tortas.

Tabela 03 – Descrição dos tratamentos utilizados nos experimentos nas safras de primavera 2010 e 2011, e outono 2011 e 2012. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Tratamentos	Descrição
TSA	Sem Adubação
TC	Adubação química convencional
TM50%	Torta de mamona - 50% da recomendação
TM100%	Torta de mamona - 100% da recomendação
TM200%	Torta de mamona - 200% da recomendação
TT50%	Torta de tungue - 50% da recomendação
TT100%	Torta de tungue - 100% da recomendação
TT200%	Torta de tungue - 200% da recomendação

A descrição dos tratamentos, adubação química, quantidades aplicadas das tortas de mamona e de tungue e fornecimento de N, P e K pelas tortas de mamona e de tungue e complementação com fosfato natural e fonolito nos experimentos realizados, encontra-se na Tab. 4.

Tabela 4 - Tratamentos, recomendação, quantidades aplicadas das tortas de mamona e de tungue, fornecimento de N, P e K pelas tortas de mamona e de tungue e complementação com fosfato natural e fonolito nos experimentos realizados nas safras de primavera 2010 e 2011, e outono 2011 e 2012. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Tratamentos	Recomendação (kg ha ⁻¹)	Quantidade aplicada (kg ha ⁻¹)	Fornecimento (kg ha ⁻¹)			Complementação (kg ha ⁻¹)	
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Fosfato Natural	Fonolito
Safrá Primavera 2010							
TSA	Sem adubação	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero
TC	120 ¹ - 80 ¹ - 120 ¹	266,67 ² - 446,83 ² - 248,28 ²	120	80	120	Zero	Zero
TM 50%	2.000	2.000	60	9,21	25,95	540,36	1.254
TM 100%	400o	400 ^o	120	18,41	51,9	470,14	908
TM 200%	8.000	8.000	240	36,82	103,8	392,61	216
TT 50%	6.000	6.000	60	12,85	54	512,58	880
TT 100%	12.000	12.000	120	25,7	108	414,49	160
TT 200%	24.000	24.000	240	51,44	216	218,24	0
Safrá Outono 2011							
TSA	Sem adubação	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero
TC	120 ¹ - 80 ¹ - 120 ¹	266,67 ² - 446,83 ² - 248,28 ²	120	80	120	Zero	Zero
TM 50%	2.000	2.000	60	9,21	25,95	540,36	1.254
TM 100%	400o	400 ^o	120	18,41	51,9	470,14	908
TM 200%	8.000	8.000	240	36,82	103,8	392,61	216
TT 50%	6.000	6.000	60	12,85	54	512,58	880
TT 100%	12.000	12.000	120	25,7	108	414,49	160
TT 200%	24.000	24.000	240	51,44	216	218,24	0

Tabela 4 - Continuação

Tratamentos	Recomendação (kg ha ⁻¹)	Quantidade aplicada (kg ha ⁻¹)	Fornecimento (kg ha ⁻¹)			Complementação (kg ha ⁻¹)	
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Fosfato Natural	Fonolito
Safrá Primavera 2011							
TSA	Sem adubação	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero
TC	120 ¹ - 160 ¹ - 120 ¹	266,67 ² - 893,66 ² - 248,28 ²	120	160	120	Zero	Zero
TM 50%	3.000	3.000	60	12,66	27	1.124,70	1.240
TM 100%	6.000	6.000	120	25,33	54	448,9	880
TM 200%	12.000	12.000	240	50,66	108	834,71	160
TT 50%	6.000	6.000	60	17,56	42,75	1.087,29	1.030
TT 100%	12.000	12.000	120	35,11	85,5	953,33	383,33
TT 200%	24.000	24.000	240	70,22	171	685.33	0
Safrá Outono 2012							
TSA	Sem adubação	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero
TC	120 ¹ - 80 ¹ - 180 ¹	266,67 ² - 446,83 ² - 372,41 ²	120	80	180	Zero	Zero
TM 50%	3.000	3.000	60	12,66	27	514,03	2.040
TM 100%	6.000	6.000	120	25,33	54	417,31	1680
TM 200%	12.000	12.000	240	50,66	108	224,34	960
TT 50%	6.000	6.000	60	17,56	42,75	476,63	1.830
TT 100%	12.000	12.000	120	35,11	85,5	342,66	1260
TT 200%	24.000	24.000	240	70,22	171	174,54	120

¹ Recomendação de NPK.² Quantidades aplicadas de Ureia, Superfosfato e Cloreto de Potássio, respectivamente.

Durante a condução dos experimentos foram realizados os tratos culturais de capina e amontoa. Como fitoprotetores foi aplicado AVG Xispa Praga, produto composto de óleo de nim, extrato de plantas e óleo mineral, indicado para o controle de insetos pragas, e Cura Peste, produto a base de sulfato de cobre, e calda bordalesa, ambos indicados para o controle de doenças fúngicas especialmente requeima (*Phytophthora infestans*). Foi realizada irrigação por aspersão em momentos onde ocorreu a deficiência hídrica.

Os tubérculos colhidos foram classificados, de acordo com o tamanho, em duas classes: comercial ou graúdo (> 45 mm) e não comercial ou miúdo (< 45 mm).

Para avaliação dos danos causados por *Diabrotica speciosa* foi analisada uma amostra de 20 tubérculos comerciais, que foram medidos com o auxílio de um paquímetro, no sentido longitudinal e no sentido transversal, para o cálculo da área de superfície de cada um.

Considerando ser a elipsóide a forma geométrica que mais se assemelha ao formato da maioria dos tubérculos das cultivares trabalhadas, o cálculo da superfície foi realizado considerando o tubérculo uma elipse perfeita (BONINE, 1997). Para este caso recorreu-se à fórmula da elipsóide simplificada:

$$S = 4\pi c [a - 1/6 (1 - a^2 / c^2) a - 1/40 (1 - a^2 / c^2)^2 a] \quad [2]$$

Onde:

S - é a superfície calculada,

a - é o raio obtido da medida transversal do tubérculo

c - raio da medida longitudinal do tubérculo

Foram contados os furos típicos causados por *D. speciosa*, desconsiderando-se outros tipos de lesões, assim, estabeleceu-se uma relação entre o número de furos e a superfície do tubérculo, calculando-se a média de furos por unidade de superfície.

Para a análise de alterações de atributos químicas do solo provocadas pelo efeito do uso das tortas de mamona e de tungue, realizou-se análise química do solo

antes do plantio e imediatamente após a colheita. Para análise, o solo foi coletado de 0 - 20 cm de profundidade com auxílio de pá de corte. Antes do plantio foram coletadas subamostras representativas em diferentes pontos da área do experimento, conforme orienta a SBCS (2004). Após a colheita, coletou-se o solo de cada parcela do experimento. Em cada parcela foram coletadas cinco subamostras, em pontos nas linhas e entre linhas, que compuseram uma amostra. As amostras foram encaminhadas para laboratório para análise química de acordo com método descrito por Tedesco et al. (1985).

Os dados obtidos foram peso e número total e comercial de tubérculos, estado final de plantas, danos causados por insetos residentes no solo e alterações químicas do solo. Todas as variáveis foram submetidas à análise de variância e a comparação de médias foi feita pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

Os resultados completos da análise de variância encontram-se nos Apêndices E, F, G, H, I, J, L, M, N, O, P e Q.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Cultivo de batata com adubação das tortas de mamona e de tungue

Os resultados de produtividade alcançados nos sistemas orgânicos ainda são inferiores aos atingidos nas produções convencionais. Maggio et al. (2008), apontam a redução de 25% da produtividade de batata em sistemas orgânicos de produção quando comparado aos sistemas convencionais. Neste trabalho o rendimento máximo total de tubérculos, com a utilização de tortas de mamona e de tungue como adubação, observou-se na safra de primavera 2011, onde, obtiveram-se 17.049 e 15.863 kg ha⁻¹ com 100% da recomendação para adubação com as tortas de mamona e de tungue, respectivamente. Estes rendimentos foram superiores ao registrado por Zabaleta et al. (1999) de 6.900 kg ha⁻¹, por Wielewicki et al. (2004) de 10.708 kg ha⁻¹, por Silva (2009) de 12.029 kg ha⁻¹. Resultados de rendimento total de tubérculos superiores aos observados neste trabalho, em sistemas de produção de base ecológica, são descritos por Souza e Rezende (2003), com 19.451 kg ha⁻¹, por Medeiros e Gonçalves (2007), com rendimento total de 22.036 kg ha⁻¹ e por Rossi et al. (2011), com rendimento de até 24.250 kg ha⁻¹. Entretanto, os resultados de produtividade obtidos neste estudo encontram-se próximos à média do Rio Grande do Sul para cultivos em sistemas convencionais, que é de 17.770 kg ha⁻¹ (IBGE, 2011), porém, ainda estão abaixo do potencial de produção em regiões tropicais, que é em torno 30.000 kg ha⁻¹ (Hortifruti Brasil, 2012).

De maneira geral, os resultados obtidos neste estudo, demonstram que os materiais utilizados como fonte de adubação orgânica apresentam potencial para proporcionarem produtividade equivalente aos sistemas convencionais de produção de batata no estado do Rio Grande do Sul.

Para a cultivar Catucha, observou-se tendência de melhores resultados na safra de primavera comparativamente à safra de outono. Esta tendência não se confirmou com a cultivar Clara pois, os resultados de ambas as safras foram semelhantes.. Climatologicamente, as duas épocas são contrastantes (ANDREU, 2005), enquanto a safra de primavera é caracterizada por fotoperíodo, temperatura e radiação crescentes, na safra de outono ocorre o inverso (PEREIRA, 1999). O fotoperíodo, a temperatura e a radiação exercem influência direta na fisiologia das plantas e no seu metabolismo (TAIZ; ZIEGER, 2004), interferindo na produtividade da cultura. Assim, seria de se esperar menor produtividade nas safras de outono em relação às de primavera, para as duas cultivares, expectativa que não se confirmou.

As tortas de mamona e de tungue utilizadas tiveram efeito significativo sobre o rendimento (Tab. 5 e 6), número e peso de tubérculos (Tab. 7 e 8), e sobre a população de plantas (Tab. 9).

Tabela 05 – Rendimento total e comercial de tubérculos de batata, cv. Clara, nas safras de primavera 2010 e outono 2011. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Tratamentos	Primavera 2010				Outono2011			
	Rendimento (kg ha-1)							
	Total		Comercial		Total		Comercial	
TSA	4.916	cd	2.354	c	5.675	c	3.275	b
TC	11.270	a	7.916	a	10.945	a	7.670	a
TM50%	8.991	b	5.891	b	8.324	b	5.616	a
TM100%	11.012	ab	7.354	ab	10.308	a	7.446	a
TM200%	3.337	cd	1.916	c	4.258	cd	2.291	bc
TT50%	9.008	ab	6.154	ab	8.408	ab	5.833	a
TT100%	10.125	ab	6.979	ab	9.966	ab	6.925	a
TT200%	1.800	d	758	c	2.220	d	966	c

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 06 – Rendimento total e comercial de tubérculos de batata, cv. Catucha, nas safras de primavera 2011 e outono 2012. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Tratamentos	Primavera 2011				Outono 2012			
	Rendimento (kg ha ⁻¹)							
	Total		Comercial		Total		Comercial	
TSA	5.979	d	2.529	d	4.879	c	2.545	c
TC	16.954	a	13.366	a	11.751	ab	8.908	ab
TM50%	12.787	bc	9.375	bc	11.391	ab	8.637	ab
TM100%	17.049	a	13.158	a	14.281	a	10.901	ab
TM200%	2.421	d	3.862	d	1.650	cd	1.054	c
TT50%	11.574	c	8.149	c	9.220	b	6.641	d
TT100%	15.863	ab	12.304	ab	11.832	ab	8.974	ab
TT200%	3.779	d	2.708	d	624	d	258	c

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Nos quatro experimentos realizados, onde se utilizou adubação a 100% da recomendação das tortas de mamona e de tungue, não se observou diferença significativa nos resultados de rendimento, em comparação com a adubação convencional. Esses resultados evidenciam o elevado potencial desses materiais como fonte de adubação orgânica, proporcionando rendimentos equivalentes à adubação química convencional. O resultado de produtividade total obtido com torta de mamona 100% da recomendação, na safra de primavera 2011 foi superior aos alcançados por Fioreze e Ceretta (2006), com a utilização de cama de frango e cama de frango + adubo mineral, assim como por Silva et. al. (2007), ao utilizar a adubação com *Crotalaria juncea* L. e esterco bovino.

Os menores rendimentos foram observados nos tratamentos onde se aplicou 200% da recomendação de adubação com tortas de mamona e de tungue. Nestes tratamentos, observou-se menor população de plantas nos quatro experimentos realizados (Tab. 9). O menor rendimento revelou-se estar associado ao menor estande de plantas, registrando-se correlação positiva, 0,65, 0,62, 0,74 e 0,52, entre o estande final de plantas e o rendimento de tubérculos, nas safras de primavera 2010, outono 2011, primavera 2011 e outono 2012, respectivamente.

Da mesma forma, observou-se nos quatro experimentos uma tendência de menor rendimentos nos tratamentos com 50% da recomendação para ambas as

tortas, em comparação à adubação convencional. Esses dados podem indicar que o aporte de nutrientes com aplicação de 50% da dose recomendado, foi insuficiente para atender a demanda nutricional da cultura.

Embora as diferenças existentes em relação ao solo da área experimental e as condições climáticas predominantes em cada safra, o rendimento da cv. Catucha (safras primavera 2011 e outono 2012) tendeu a ser maior do que a rendimento da cv. Clara (safras primavera 2010 e outono 2011). Essas diferenças também se refletiram no número médio de tubérculos por planta e no peso médio dos tubérculos (Tab. 07 e 08).

Tabela 07 – Número de tubérculos/planta, número de tubérculos comerciais/planta, peso médio dos tubérculos (total e comercial) nas safras primavera de 2010 e outono 2011, com a cultivar Clara. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Tratamentos	Primavera 2010			
	NTT/pl	NTC/pl*	PMT	PMTC
TSA	2,00 b	0,75	52,75 b	88,75 a
TC	3,75 a	1,75	57,75 ab	91,75 a
TM50%	3,25 ab	1,00	53,50 ab	87,50 a
TM100%	4,00 a	1,50	57,00 ab	93,00 a
TM200%	2,75 ab	1,00	44,00 c	64,25 b
TT50%	3,25 ab	1,25	57,50 ab	94,75 a
TT100%	4,00 a	1,75	60,25 a	98,75 a
TT200%	4,00 a	1,00	43,25 c	82,00 ab

Tabela 07 – Continuação

Tratamentos	Outono 2011			
	NTT/pl	NTC/pl	PMT	PMTC*
TSA	3,00 ab	1,00 bc	41,00 b	72,25
TC	4,00 a	1,75 ab	54,25 ab	94,75
TM50%	3,25 ab	1,00 bc	51,75 ab	82,75
TM100%	4,00 a	1,75 ab	58,00 ab	101,25
TM200%	2,50 b	1,00 c	64,75 a	96,00
TT50%	3,75 a	1,75 ab	52,75 ab	84,75
TT100%	4,00 a	2,00 a	59,50 a	90,00
TT200%	2,50 b	0,75 c	59,00 ab	105,25

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

*Diferenças não significativas.

NT/pl – número de tubérculos/planta; NTC/pl – número de tubérculos comerciais/planta; PMT – peso médio de tubérculos; PMTC – peso médio de tubérculos comerciais.

Esses resultados, possivelmente estão associados às características das cultivares. A cv. Catucha foi desenvolvida para ser usada em sistemas de cultivo com uso reduzido de insumos, é uma cultivar com plantas vigorosas, rústica e considerada de alto poder produtivo (PEREIRA et al., 2008). A cv. Clara também é considerada de alto poder produtivo, entretanto com plantas medianamente vigorosas (PEREIRA et al., 2012). A campo observou-se que as plantas da cv. Catucha desenvolveram-se com maior vigor comparativamente à cv. Clara. Isso, possivelmente contribuiu para a obtenção de um número maior de tubérculos, assim como maior peso de tubérculos.

Tabela 08 – Número de tubérculos/planta, número de tubérculos comerciais/planta, peso médio dos tubérculos (total e comercial) nas safras primavera de 2011 e outono 2012, com a cultivar Catucha. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Tratamentos	Primavera 2011			
	NT/pl	NTC/pl	PMT*	PMTC
TSA	3,25 bc	0,75 ab	53,75	67,50 b
TC	5,25 ab	2,00 a	61,50	112,25 a
TM50%	4,00 abc	2,00 a	62,00	95,50 ab
TM100%	5,75 a	2,00 a	64,50	119,50 a
TM200%	5,25 ab	1,50 ab	45,75	93,50 ab
TT50%	4,25 abc	2,00 a	62,25	96,50 ab
TT100%	4,50 abc	2,00 a	70,50	117,50 a
TT200%	2,25 a	1,25 ab	59,25	88,75 ab

Tabela 08 – Continuação

Tratamentos	Outono 2012			
	NT/pl	NTC/pl	PMT	PMTC
TSA	3,25 bc	1,0 b	38,75 ab	66,75 ab
TC	5,50 ab	2,5 a	61,25 ab	108,25 a
TM50%	4,75 abc	2,5 a	62,00 ab	95,50 a
TM100%	6,75 a	3,0 a	63,00 ab	102,50 a
TM200%	2,50 c	1,0 b	39,00 ab	72,50 ab
TT50%	5,50 ab	2,5 a	51,75 ab	84,50 a
TT100%	5,75 a	3,0 a	66,50 a	100,75 a
TT200%	2,50 c	0,5 b	34,25 ab	22,75 b

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

*Diferenças não significativas.

NT/PL – número de tubérculos/planta; NTC/PL – número de tubérculos comerciais/planta; PMT – peso médio de tubérculos; PMTC – peso médio de tubérculos comerciais.

O menor rendimento de tubérculos com a aplicação de 200% da dose recomendada de ambas as tortas, como já mencionado, revelou-se estar associado ao menor estande de plantas nesses tratamentos (Tab. 9).

Tabela 9 – Estande final de plantas nas safras de primavera 2010 e 2011, e outono 2011 e 2012. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Tratamentos	Estande final - plantas/m ²			
	Cv. Clara		Cv. Catucha	
	Primavera 2010	Outono 2011	Primavera 2011	Outono 2011
TSA	3,75 a	3,25 a	3,25 a	2,25 a
TC	4,00 a	3,50 a	3,75 a	2,25 a
TM50%	3,50 a	3,25 ab	3,25 a	2,00 a
TM100%	3,50 a	2,75 ab	3,25 a	2,00 a
TM200%	2,00 b	2,00 bc	1,50 c	0,75 b
TT50%	3,25 a	3,00 ab	2,75 ab	2,00 a
TT100%	3,00 ab	2,75 ab	3,00 a	2,00 a
TT200%	0,75 c	1,00 c	1,75 bc	0,25 b

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A redução no número de plantas, provavelmente está associada a utilização de elevadas doses das tortas. A torta de mamona possui o complexo ricina-ricinina que apresenta efeitos fitotóxicos (BRITO; CHIERICE, 2011), o que, pode ter influenciado na baixa germinação dos tubérculos. Martins et al. (2010), Lima et al. (2008) e Severino et al. (2004) apontam para efeitos deletérios da torta de mamona, quando aplicada em altas dosagens. Este efeito está relacionado à fitotoxicidade do material às plantas (LIMA, 2008; SEVERINO, 2004). Efeito semelhante foi apontado por Costa et al. (2011), em cultivo orgânico de feijão com efeito negativo das tortas de mamona e de tungue sobre a germinação das sementes, resultando em baixo estande de plantas. Lima et al. (2006), também observam que a torta de mamona é um material orgânico de decomposição rápida. A rápida liberação de nutrientes, se em excesso, pode causar danos na estrutura fisiológica das sementes, ocasionando a perda do poder germinativo (KIEHL, 1985). Kiehl (1985) e Malavolta, Pimentel-Gomes e Alcarde (2011) relatam que os materiais orgânicos não compostados, quando dispostos no solo liberam gases, e, estes gases poderão ter influência negativa sobre a germinação das sementes. O excesso de material orgânico pode também provocar aumento dos teores de sais solúveis do solo e elevação da

condutividade elétrica, acarretando diminuição do poder germinativo das sementes (SILVA et al., 2000; SANTOS et al., 2006).

As plantas das parcelas onde se aplicou as tortas a 200% da recomendação, mostraram-se vegetativamente vigorosas e com ciclo mais prolongado, no entanto com baixa produção de tubérculos. Quando há excesso de nitrogênio, observa-se um grande desenvolvimento da parte aérea e aumento do ciclo vegetativo com prejuízos para a produção de tubérculos (PHILLIPS et al., 2004; SILVA et al., 2007; GOFFART et al., 2008). Além de estender o ciclo a quantidade excessiva de nitrogênio pode promover atraso na produção de tubérculos (TEIXEIRA; PINTO, 1991; GIL et al., 2002; BUSATO, 2007; SILVA, 2007).

3.2 Controle de insetos de solo causadores de danos em tubérculos de batata

Na cultura da batata a presença no solo de insetos causadores de danos aos tubérculos é um dos principais fatores determinantes de prejuízos econômicos (DAROLT et al., 2003). Em sistemas de produção de base ecológica os danos causados por insetos têm-se mostrado como um dos principais problemas para os produtores e desafios para a pesquisa, pois o mercado demonstra rejeição por tubérculos com danos. A *Diabrotica speciosa*, é o principal inseto causador de danos aos tubérculos de batata, em seu estágio no solo, quando é conhecida como larva alfinete. A fase adulta do inseto, popularmente chamada de vaquinha, também é causadora de danos à parte aérea da planta (SALLES; BRISOLLA, 2003).

De maneira geral, em todos os experimentos realizados, os tubérculos apresentaram danos causados por insetos de solo, especialmente por *D. speciosa*. Os danos foram mais pronunciados nas safras de primavera. Nas safras de outono a incidência de dano foi menor, especialmente a safra no outono de 2012. O maior dano nas safras de primavera está associado às condições climáticas, especialmente temperatura, mais favoráveis ao desenvolvimento do inseto. A temperatura é um dos fatores mais críticos na vida destes organismos (Ross, 1968), sendo a faixa ótima para o desenvolvimento da maioria dos insetos entre 15 e 38°C (Neto et al, 1976), valores que ocorrem comumente nas safras de primavera.

Na safra de primavera 2010, observou-se menor incidência de furos nos tubérculos dos tratamentos que receberam adubação com as tortas de mamona e de tungue a 50 e 100% da recomendação. No entanto, com a dosagem de 200% não houve diferenças em relação às testemunhas. Poderia ser argumentado que com a dosagem de 200% a redução no número de tubérculos aumentou a pressão dos insetos sobre os tubérculos remanescentes, no entanto, essa tendência não foi clara na safra de primavera 2011. Na safra de primavera 2011, observou-se menor incidência de furos nos tratamentos onde se utilizou torta de mamona nas dosagens de 50 e 100% e de tungue a 200% da recomendação. Nas safras de outono não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tab.10).

Tabela 10 – Número médio de furos/m² em tubérculos comerciais nas safras primavera 2010 e 2011, outono 2011 e 2012. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Tratamentos	Primavera 2010	Outono 2011*	Primavera 2011	Outono 2012*
	Furos/m ²			
TSA	28,60 a	2,99	14,05 c	0,60
TC	25,56 a	4,04	36,42 a	2,38
TM50%	20,04 b	1,90	17,65 bc	2,68
TM100%	18,76 b	1,77	19,02 bc	0,64
TM200%	27,13 a	3,99	40,37 a	0,59
TT50%	21,22 b	1,41	39,87 a	1,83
TT100%	19,39 b	1,49	29,85 ab	0,83
TT200%	28,88 a	3,64	14,92 c	0,59

¹ Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

*Diferenças não significativas.

Safras de Primavera 2010 e de Outono 2011 - cultivar Clara; Safras de Primavera 2011 e de Outono 2012 – cultivar Catucha.

Observando-se os resultados obtidos, não se pode afirmar que a utilização das tortas de mamona e de tungue provocou efeito positivo sobre o controle dos danos nos tubérculos causados por insetos residentes no solo, especialmente *D. speciosa*. Assim como se observou menor número de furos com a utilização das tortas de mamona e de tungue a 50 e 100% da recomendação na safra de primavera 2010, na safra de primavera 2011, observou-se menor dano nos tubérculos onde se utilizou torta de tungue a 200% da recomendação e também no

tratamento testemunha que não recebeu adubação. Adicionalmente, nas safras de outono não houve diferença entre todos os tratamentos.

3.3 Efeito das tortas de mamona e de tungue sobre as características químicas do solo

Os adubos orgânicos têm efeito positivo sobre a matéria orgânica, a qual funciona como fonte de alimento para microrganismos, melhora a estrutura e arejamento do solo, possibilita maior capacidade de armazenamento de água, além de apresentar efeito regulador da temperatura do solo e aumentar a capacidade de troca de cátions (CTC). A matéria orgânica contribui também na retenção de potássio, cálcio, magnésio e outros nutrientes (MALAVOLTA, 2006).

A literatura indica que a torta de mamona tem efeitos positivos sobre as características químicas do solo (SEVERINO et al., 2004), sendo um fertilizante de efeito duradouro (MALAVOLTA; PIMENTEL-GOMES; ALCARDE, 2011) e um excelente condicionador do solo (TEDESCO et al., 2008).

De maneira geral, no estudo realizado, não se observou mudanças sobre as características químicas do solo analisadas após a utilização das tortas de mamona e de tungue (Tab. 11, 12, 13 e 14).

Com relação ao P, K, Ca, Mg, Al, H + Al, saturação de bases e no pH, não foram observadas alterações após a utilização das tortas de mamona e de tungue como fonte de adubo orgânico. Resultados semelhantes são descritos por Costa e Beltrão (2010), onde seis meses após adição de composto orgânico e torta de mamona na avaliação da fertilidade do solo não observaram alterações do teor de P, K, Ca e Mg. Caetano e Carvalho (2006) também não observaram alteração no pH, Ca e Mg do solo após seis meses de adubação com esterco bovino no cultivo da figueira, da mesma forma que Holanda, Mielniczuk e Stammel (1982) não constataram alteração no pH e Ca do solo com a utilização de esterco de galinha.

Na safra de outono de 2012, observou-se uma tendência de redução do pH com a utilização das tortas de mamona e de tungue. Resultado semelhante foi

observado por de Mello e Vitti (2002), onde após utilização de resíduos orgânicos, observaram redução linear no pH. Os autores atribuem o efeito ao processo de nitrificação do amônio e produção de ácidos orgânicos resultante da ação de microrganismos decompositores. Diminuição do pH também foi observado por Chang, Sommerfelt e Entz (1991), onde após onze meses de aplicação de esterco de curral houve redução do pH. No entanto, a tendência observada na safra de outono 2012, não se repetiu nos demais experimentos. Eira e Carvalho (1970), não observaram variação do pH com adição de composto orgânico. Da mesma forma em estudo com resíduos do processamento de goiaba, Corrêa et al. (2005), não verificaram alterações no pH, com a aplicação de diferentes dosagens desse resíduo orgânico. Com exceção da safra de primavera 2011 (Tab. 13) onde não houve diferença significativa entre os tratamentos, observou-se redução do pH com a utilização da torta de tungue a 200% da recomendação, assim como com a utilização de torta de mamona a 100% da recomendação na safra outono 2012 (Tab. 14). De acordo com a SBCS (2004), com exceção dos tratamentos acima descritos, o pH encontra-se na faixa de médio a alto, considerado adequado para o desenvolvimento da grande maioria das culturas.

Tabela 11 - Efeito da aplicação de diferentes doses de torta de mamona e de tungue sobre o pH, P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, saturação (Al e bases), MO e CTC_{pH7}, safra primavera 2010. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Tratamentos	pH água	P*	K	Ca*	Mg	Al	H+Al*
	01:01mg/dm ³cmol c/dm ³		
TSA	5,8 ab	37,4	10,7 ab	5,5	2,6	0,5 ab	2,3
TC	6,4 a	27,5	9,8 b	5,2	2,6	0,0 b	1,8
TM50%	6,1 ab	27,6	10,3 ab	5,3	2,7	0,1 ab	2,3
TM100%	5,9 ab	25,0	10,7 ab	5,4	2,8	0,1 ab	2,5
TM200%	5,9 ab	40,6	10,7 ab	5,5	2,8	0,3 ab	2,1
TT50%	5,8 ab	44,3	11,1 ab	5,5	2,8	0,5 ab	2,4
TT100%	5,4 b	29,6	11,2 ab	5,3	2,8	1,3 a	2,6
TT200%	5,4 b	49,6	12,2 a	5,6	2,8	0,6 ab	2,7

Tabela 11 – Continuação

Tratamentos	Saturação (%)		MO	CTC _{pH7}
	Al*	Bases*	%	
TSA	0,9	78,8	2,6 b	10,7 ab
TC	0,0	81,3	2,2 b	9,8 b
TM50%	0,7	78,5	2,6 b	10,3 ab
TM100%	0,6	77,8	2,5 b	10,7 ab
TM200%	0,6	81,0	2,5 b	10,7 ab
TT50%	0,9	78,5	3,0 ab	11,1 ab
TT100%	1,1	77,8	2,8 ab	11,2 ab
TT200%	3,1	78,3	3,7 a	12,2 a

¹ Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

*Diferenças não significativas.

Tabela 12 - Efeito da aplicação de diferentes doses de torta de mamona e de tungue sobre o pH, P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, saturação (Al e bases), MO e CTC_{pH7}, safra outono 2011. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Tratamento	pH água 01:01	Pmg/dm ³	K*	Ca*	Mg*	Al*	H+Al*
TSA	5,6 abc	50,5 a	109,1	3,7	3,0	0,2	2,7
TC	5,7 a	39,7 b	103,3	3,6	1,0	0,4	2,5
TM50%	5,5 abc	50,4 a	99,3	3,4	0,8	0,4	2,7
TM100%	5,6 b	50,5 a	126,0	3,6	3,0	0,6	2,5
TM200%	5,5 abc	50,5 a	126,8	3,7	1,1	0,2	2,7
TT50%	5,5 abc	44,3 ab	102,8	3,4	0,9	0,2	2,7
TT100%	5,4 c	46,3 ab	109,3	3,4	1,2	0,2	2,8
TT200%	5,4 c	47,1 ab	144,8	3,6	1,8	0,2	3,0

Tabela 12 – Continuação

Tratamento	Saturação (%)		MO*	CTC _{pH7} *
	Al*	Bases*	%	
TSA	2,8	65,5	2,4 c	7,3
TC	2,8	65,5	2,3 c	7,3
TM50%	3,3	62,5	2,4 ac	7,2
TM100%	2,5	66,0	2,4 c	7,4
TM200%	3,3	65,3	2,6 c	7,8
TT50%	4,3	62,5	2,7 bc	7,4
TT100%	3,3	63,3	3,2 bc	7,7
TT200%	3,8	64,3	3,8 a	8,3

¹ Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

*Diferenças não significativas.

Estes diferentes resultados indicam que a mudança ou não na acidez do solo depende do tipo do resíduo utilizado, assim como, possivelmente das condições naturais de fertilidade do solo. Em relação aos níveis de P, K, Ca e Mg, o teor destes nutrientes nas tortas de mamona e de tungue é baixo (Tab. 1), assim, não se esperar, em curto prazo, alteração nos níveis desses nutrientes no solo com a adição das tortas.

Tabela 13 - Efeito da aplicação de diferentes doses de torta de mamona e de tungue sobre o pH, P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, saturação (Al e bases), MO e CTC_{pH7}, safra primavera 2011. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Tratamentos	pH água*	P	K*	Ca*	Mg*	Al*	H+Al*
	01:01mg/dm ³cmol c/dm ³		
TSA	5,7	20,2 b	93,8	2,9	1,2	0,1	3,0
TC	5,5	49,6 a	117,3	3,0	1,2	0,1	3,1
TM50%	5,6	49,6 a	88,3	2,9	1,1	0,1	3,1
TM100%	5,6	50,7 a	97,0	2,9	1,2	0,1	2,9
TM200%	5,5	50,7 a	107,8	3,3	1,4	0,1	3,0
TT50%	4,9	50,7 a	86,0	2,9	1,2	0,1	2,7
TT100%	5,7	50,7 a	96,8	3,0	1,3	0,1	2,9
TT200%	5,6	50,7 a	97,5	3,2	1,3	0,1	3,0

Tabela 13 - Continuação

Tratamentos	Saturação (%)		MO	CTC _{pH7} *
	Al*	Bases*	%	
TSA	1,5	60,0	1,7 c	7,4
TC	2,8	59,3	1,7 c	7,6
TM50%	2,3	58,0	1,9 c	7,3
TM100%	2,0	60,3	2,0 bc	7,2
TM200%	1,5	63,0	2,5 ab	7,9
TT50%	2,3	61,5	2,0 bc	6,9
TT100%	2,0	61,0	2,6 ab	7,4
TT200%	2,0	61,5	2,8 a	7,7

¹ Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

*Diferenças não significativas.

Entretanto, baseando-se nos valores referencias da SBCS (2004), os valores observados de P e K no solo após o uso das tortas, são considerados altos, porém, pelo baixo percentual destes nutrientes nas tortas, não se pode afirmar que o seu uso provocou aumento destes nutrientes no solo, pois se utilizou complementação

de fosfato natural e fonolito, o que pode de fato ter causado o aumento destes nutrientes no solo. Com relação ao Ca e Mg, os teores iniciais estão na faixa referencial entre médio e alto (SBCS, 2004) e permaneceram nestas faixas após o uso das tortas como adubação orgânica.

Tabela 14 - Efeito da aplicação de diferentes doses de torta de mamona e de tungue sobre o pH, P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, saturação (Al e bases), MO e CTC_{pH7}, safra outono 2012. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Tratamentos	pH água 01:01	Pmg/dm ³	K	Ca*	Mg*	Al*	H+Al*
			cmol c/dm ³			
TSA	6,4 a	9,6 c	100,3 cd	5,6	2,8	0,0	3,1
TC	6,4 a	122,8 abc	210,8 abc	6,5	2,9	0,0	2,6
TM50%	6,1 ab	36,5 bc	92,0 d	5,7	2,7	0,0	2,7
TM100%	5,6 bc	77,9 abc	128,3 bcd	5,5	2,6	0,0	3,5
TM200%	5,4 c	151,6 ab	249,5 a	6,8	3,5	0,3	3,6
TT50%	5,8 abc	184,0 a	127,3 cd	5,9	2,7	0,0	3,1
TT100%	5,3 c	171,1 a	178,0 abcd	6,0	2,6	0,5	4,2
TT200%	5,4 c	149,4 bc	245,3 ab	6,0	3,6	0,0	3,5

Tabela 14 - Continuação

Tratamentos	Saturação (%)		MO	CTC _{pH7}
	Al*	Bases*	%	
TSA	0,0	74,0	3,2 b	11,8 ab
TC	0,0	79,0	3,3 b	12,7 ab
TM50%	0,0	76,5	3,2 b	11,4 b
TM100%	0,0	70,5	3,6 b	12,1 ab
TM200%	2,7	75,3	4,3 b	14,7 ab
TT50%	0,0	74,3	4,3 b	12,1 ab
TT100%	0,6	68,5	4,9 ab	13,5 a
TT200%	0,0	76,0	6,5 a	15,4 a

¹ Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

*Diferenças não significativas.

Observou-se uma tendência de elevação dos teores de MO com a utilização de torta de tungue, especialmente nas dosagens mais elevadas (Tab. 12). Pires et al. (2008), identificaram acréscimo no teor de matéria orgânica em solo adubado com torta de filtro (subproduto do processamento industrial da cana) após dezessete meses de uso no cultivo de maracujazeiro amarelo. A disposição de resíduos

orgânicos vegetais provoca mudanças na estrutura e na composição química do solo e, a matéria orgânica é um dos fatores que mais se beneficia com esta prática (KIHIL, 1985; TEDESCO et al., 2008; ALFAIA, 2000, 2008; WHITE, 2009). Mello e Vitti (2002), utilizando lodo de cervejaria + cavaco de eucalipto, em dose de 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ equivalente de N, verificaram elevação do teor de matéria orgânica do solo, resultado semelhante ao descrito por Gill e Meelu (1982), após a adição de 12 t ha⁻¹ de esterco de curral misturado com restos de feno. Neste estudo, esperava-se que as tortas de mamona e de tungue provocassem aumento no teor de matéria orgânica do solo, especialmente com a utilização das maiores doses. Entretanto, esta hipótese não se confirmou para a torta de mamona. Sabe-se que o processo de melhoria das condições do solo pode ser demorado, muitas vezes alcançado somente em longo prazo e com a utilização integrada de práticas de manejo com vistas a melhorar de forma conjunta as características físicas, químicas e biológicas do solo. Os teores de MO após o uso das tortas, manteve-se com percentual baixo, tomando-se como referências os valores indicados pela SBCS (2004).

Em relação a CTC_{pH7} não se observou qualquer efeito dos tratamentos nas safras de outono 2011 e primavera 2012. Mesmo para as safras primavera 2010 (Tab. 11) e de outono 2012 (Tab. 14), as alterações observadas com a aplicação das tortas de tungue e de mamona não mostraram clara tendência. Contrariamente aos dados deste estudo, Bayer e Mielniczuk (1997) observaram aumento da CTC com a utilização de resíduos vegetais ao solo. Para os autores este aumento está relacionado com o aumento dos teores de matéria orgânica no solo proporcionado pelos resíduos vegetais, em razão de que, a matéria orgânica pode contribuir substancialmente para o aumento da CTC do solo (WHITE, 2009). Entretanto, os resultados obtidos neste estudo, não permitem confirmar a relação entre aumento da matéria orgânica do solo e aumento da CTC.

As características químicas do solo são influenciadas pelas variações edafoclimáticas e pelos materiais utilizados como adubos orgânicos (CAETANO; CARVALHO, 2006). No trabalho realizado, observaram-se raras alterações nas características químicas do solo, como resultado dos tratamentos. Quando observadas, foram geralmente resultados da aplicação de 200% da recomendação tanto para a torta de mamona como para a torta de tungue. No entanto, estas

dosagens foram nocivas à germinação dos tubérculos de batata. As dosagens que proporcionaram maior rendimento de tubérculos não apresentaram alterações nas propriedades químicas do solo.

Deve-se ressaltar que as amostras do solo foram coletadas após a colheita da batata, em pontos distribuídos por toda a parcela dos experimentos, sendo que, a adubação foi realizada na linha de plantio. Entretanto, mesmo ponderando possíveis variações decorrentes da amostragem, há que se considerar que os efeitos nas características químicas do solo após a utilização de resíduos orgânicos são esperados em toda a área que recebeu estes resíduos e não apenas na linha de plantio. Assim, pode-se concluir que a utilização de torta de mamona e tungue, em curto prazo, nas dosagens utilizadas, não provocam alterações significativas nas características químicas do solo.

4. CONCLUSÕES

A adubação com tortas de mamona e de tungue nas dosagens recomendadas pela SBCS (2004), em função dos níveis de fertilidade do solo e do requerimento da cultura da batata, possibilita a obtenção de rendimentos equivalentes à adubação com fertilizantes químicos sintéticos a base de NPK.

A utilização de altas doses de tortas de mamona e de tungue apresenta efeito deletério sobre a germinação de tubérculos e conseqüentemente sobre a produtividade da batata.

As tortas de mamona e de tungue, nas dosagens recomendadas, não apresentam efeito sobre os danos causados por insetos de solo nos tubérculos de batata.

As tortas de mamona e de tungue, a curto prazo, nas dosagens recomendadas, não proporcionam alterações nas características químicas do solo.

CAPÍTULO II

DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE BASE ECOLÓGICA

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de produção de base ecológica, especialmente aqueles caracterizados como em transição para agroecossistemas sustentáveis (GLIESSMANN, 2000), tem no aporte de resíduos orgânicos grande aliado na produção de alimentos. De maneira geral, sabe-se que os materiais orgânicos usados para adubação de cultivos, contribuem para a melhoria da qualidade do solo, em seus atributos, químicos, físicos e biológicos. No entanto, na maioria dos casos, o uso destes resíduos é feito de forma empírica, sem se saber ao certo o comportamento destes materiais quando dispostos em solo como adubos orgânicos.

Os solos da região sul do Rio Grande do Sul, pelo material de origem e por serem considerados solos jovens, possuem baixos teores de matéria orgânica, pouca profundidade, baixo teor de argila e de baixa a média capacidade de troca de cátions (SBCS, 2004). Estes fatores interferem diretamente na fertilidade natural desses solos. Associado a isso, está o intenso uso das áreas agricultáveis nos estabelecimentos agrícolas familiares, onde os cultivos são realizados em estações subsequentes. Assim, nos sistemas de produção de base ecológica, é grande o desafio de conciliar a obtenção de bons rendimentos e rentabilidade econômica capaz de prover o sustento das famílias, com a manutenção da fertilidade dos solos. Nessas condições, o desenvolvimento de novos insumos, para serem utilizados como adubos orgânicos é uma necessidade para as áreas cultivadas em base

ecológica ou em processo de transição.

Para Reicosky e Forcella (1998) a eficácia no uso de resíduos orgânicos está relacionada com a qualidade destes materiais, pois devem possibilitar a manutenção e, ou, o incremento dos teores de matéria orgânica no solo, com a consequente disponibilidade de nutrientes para os cultivos. Outros benefícios também são desejados, como a melhoria dos atributos físicos do solo (CARPENEDO; MIELNICZUCK, 1990), e a elevação dos teores de N, P, K, Ca e Mg (CALEGARI et al., 1992; SOUZA; MELLO, 2000), sendo importante que a decomposição e a liberação de nutrientes ocorram de forma sincronizada com a demanda das plantas que recebem a adubação (CALEGARI et al., 1993).

A velocidade de decomposição e a liberação de nutrientes dos resíduos dependem da localização e da forma em que esses nutrientes se encontram no tecido vegetal (GIACOMINI et al., 2003). Fatores edafoclimáticos também afetam a taxa de mineralização dos resíduos, principalmente temperatura e umidade. Igualmente, o pH, os nutrientes do solo, a qualidade do substrato, a concentração dos nutrientes na fração solúvel em água, de lignina e de polifenóis e a relação C/N têm interferência na taxa de mineralização dos resíduos (REINERTSEN et al., 1984; PAUL; CLARK, 1996; TRINSOUTROT et al., 2000).

O solo como um organismo vivo é a base para o desenvolvimento sadio das plantas (CHABOUSSOU, 1999). Portanto, manter este organismo em condições de estimular a vida nele existente é um dos objetivos do aporte de materiais orgânicos. No Brasil existem vários trabalhos de análise da decomposição de resíduos de plantas de cobertura utilizadas como adubação. No entanto, relatos sobre outros materiais orgânicos de origem vegetal, são escassos. O conhecimento desses processos é fundamental para que estes resíduos possam ser utilizados de forma eficaz, em razão de que, a decomposição pode ser rápida e intensa, ou lenta e gradual, dependendo principalmente de condições de temperatura e umidade (LINCH, 1986; ALVARENGA et al., 2001), da atividade biológica do solo e da qualidade dos resíduos (OLIVEIRA et al., 1980; ALCANTARA, et al., 2000). Estes fatores, em conjunto ou isolados, influenciam a atividade biológica do solo e a velocidade de decomposição de resíduos orgânicos e a liberação de nutrientes para os cultivos.

O monitoramento do processo de mineralização de materiais orgânicos permite identificar parâmetros qualitativos e quantitativos relacionados ao processo de decomposição destes materiais e a consequente liberação de nutrientes. Este estudo teve como objetivo avaliar a dinâmica de decomposição das tortas de mamona e de tungue em condições de campo e em ambiente protegido, em dois tamanhos de bolsas de decomposição no solo e em duas épocas de cultivo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo foram realizados dois experimentos em duas épocas diferentes. Entre os meses de abril a agosto de 2011 conduziu-se o primeiro experimento em condições de campo e em vaso em ambiente protegido. Entre os meses de outubro de 2011 e fevereiro de 2012, foi conduzido o segundo experimento, repetindo-se os ambientes. Os trabalhos foram realizados na Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS, latitude 31°37' Sul e longitude 52°21' Oeste, localizada a 160 metros de altitude em relação ao nível do mar (REISSER JÚNIOR et.al., 2005). O solo predominante é do tipo ARGISSOLO (EMBRAPA, 2013).

O estudo de decomposição foi realizado utilizando-se as tortas de mamona e de tungue, que em condições de campo foi conduzido em conjunto com os experimentos com a cultura da batata, nas safras de outono 2011 e primavera 2011 (Capítulo I).

Para avaliar o efeito do ambiente e do volume de material disposto em um determinado espaço exposto ao ataque dos microrganismos decompositores, as tortas de mamona e de tungue foram dispostas a campo e em ambiente protegido e em dois tamanhos de bolsas de decomposição.

Os tratamentos, em um total de setenta e dois, constituíram-se de dois resíduos (torta de mamona e torta de tungue), dois ambientes (a campo e ambiente protegido), dois tamanhos de bolsas de decomposição (0,2 x 0,2m - bolsa grande) e 0,15 x 0,07m - bolsa pequena), e nove períodos de decomposição (0, 7, 14, 21, 28, 45, 60, 90 e 120 dias). O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições.

Os materiais orgânicos utilizados neste estudo foram adquiridos diretamente de indústrias que realizam a extração do óleo vegetal de mamona e de tungue, onde as tortas são consideradas coprodutos deste processo. A torta de tungue foi adquirida da indústria “Indústria de Óleos Varela” do município de Fagundes Varela, RS. Esta indústria é a única no país a extrair o óleo de tungue e dispor da torta como coproduto. A torta de mamona foi adquirida da indústria “A. Azevedo Indústria e Comércio de Óleos”, do município de Itupeva, SP.

Para a realização do estudo a campo e em ambiente protegido, amostras de 100g das tortas de mamona e de tungue foram acondicionadas em bolsas de decomposição (SANTOS; WHILFOR, 1981; THOMAS; ASKAWA, 1993; AITA; GIACOMINI, 2003; GIACOMINI et al., 2003; TORRES et al., 2005; PADOVAN et al., 2006; BOER et al., 2007; SILVA et al., 2007, CRUZ, 2009), de dois tamanhos diferentes, objetivando-se avaliar o efeito da disposição do material em cada bolsa, sobre a taxa de decomposição.

Em condições de campo as bolsas foram dispostas horizontalmente na bordadura da área dos experimentos (Fig. 1 A e B), e em ambiente protegido foram colocadas em vasos, com capacidade de 5 litros contendo o mesmo solo do ambiente de campo, área dos experimentos conduzidos com a cultura da batata nas safras de outono 2011 e primavera 2011 (Fig. 1 C e D). A composição química dos solos utilizados encontra-se na Tab. 2 (Capítulo I). As bolsas contendo as tortas de mamona e de tungue foram dispostas a 10 cm de profundidade, tanto a campo quanto nos vasos, mesma profundidade de semeadura dos tubérculos de batata.

O primeiro experimento foi conduzido no período de 03 de abril a 04 de agosto de 2011 (safra outono 2011), e o segundo, com os mesmos tratamentos, no período de 05 de outubro de 2011 a 02 de fevereiro de 2012 (safra de primavera 2011).

Coletou-se as bolsas aos 0, 7, 14, 21, 28, 45, 60, 90 e 120 dias após a disposição (DAD). Após a coleta, os materiais foram secos em estufa ventilada a 65°C até peso constante, pesados, moídos em moinho modelo Willey até 0,05 mm para análise química. Amostra de 1 g foi incinerada em forno de mufla a 550°C durante quatro horas para determinação do teor de cinzas, com finalidade de

expressar a matéria seca livre de contaminação do solo, conforme procedimento descrito por Christensen (1985) e adotado por Cruz (2009).

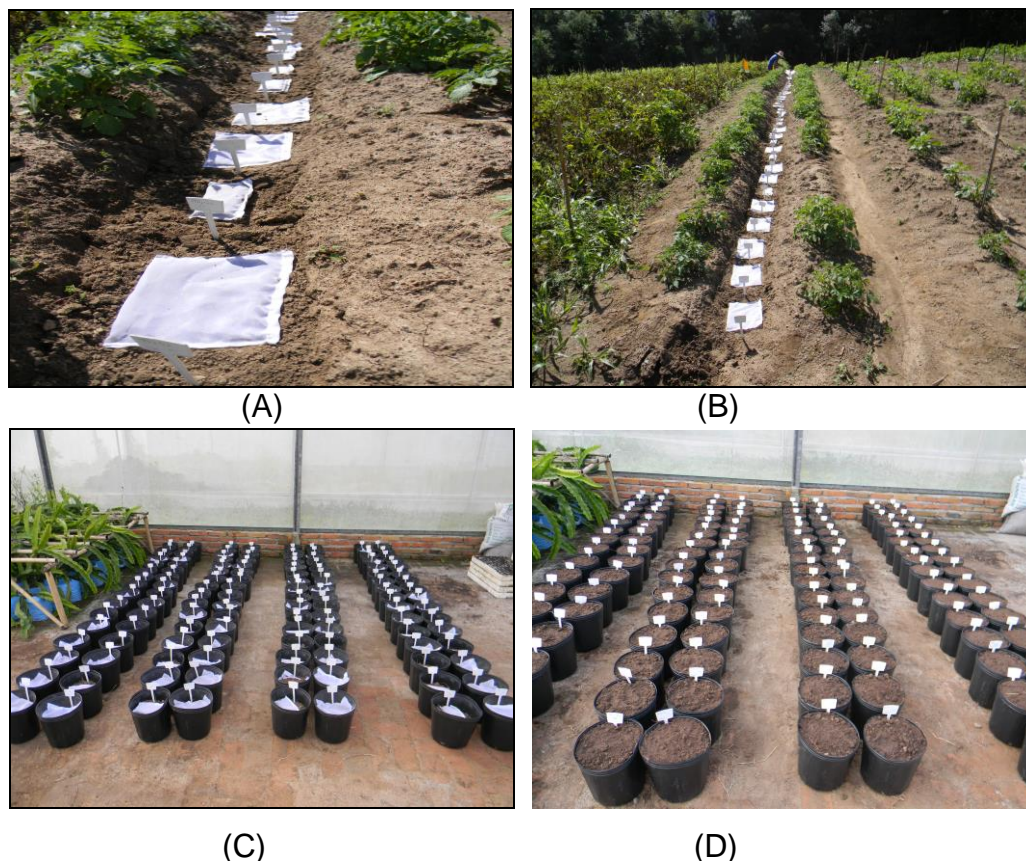


Figura 1 – Disposição das bolsas de decomposição a campo e nos vasos em ambiente protegido. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Os teores de carbono e nitrogênio foram determinados a partir da matéria seca remanescente da cada material, através da oxidação seca, utilizando-se um analisador elementar C, N e S, modelo FlashEA 1112 HT da marca Thermo Electron.

As taxas de decomposição das tortas de mamona e de tungue foram estimadas, ajustando-se modelos de regressão não lineares aos valores observados, conforme proposto por Wieder e Lang (1982) e adotado por Aita e Giacomini (2003) e por Cruz (2009). Dentre os modelos propostos pelos autores, o que mais se adaptou ao estudo foi o modelo assintótico, que considera que a fitomassa e os nutrientes dos resíduos podem ser divididos em dois compartimentos:

lável (A) e recalcitrante (100 – A). No compartimento A, a fitomassa ou os nutrientes são transformados, sendo reduzidos exponencialmente a uma taxa relativamente constante. A fitomassa e os nutrientes do segundo compartimento são considerados recalcitrantes e não sofrem transformação no período de tempo considerado. A escolha do tipo de modelo foi realizada com base nos valores do coeficiente de correlação (R^2), o qual indica o grau de associação entre o modelo ajustado e os valores observados. O modelo tem a seguinte expressão matemática:

$$\text{FSR ou CNPKCaMgR} = Ae^{-ka.t} + (100 - A) \quad [3]$$

Onde:

FSR ou CNPKCaMgR é a porcentagem da fitomassa seca ou nutriente remanescente no tempo (t);

t = tempo (dias);

ka = taxa constante de decomposição da fitomassa seca ou liberação de nutrientes do compartimento lábil (A) e recalcitrante (100 – A).

O tempo de meia vida ($T_{1/2}$) foi calculado a partir dos valores da constante de decomposição da fitomassa seca ou da liberação de nutrientes de cada compartimento. O $T_{1/2}$ é o tempo necessário para que 50% da fitomassa seca daquele compartimento seja decomposta, ou que, 50% dos nutrientes sejam liberados. A fórmula utilizada é apresentada por Paul e Clark (1996).

$$T_{1/2} = 0,693/ka \quad [4]$$

Os percentuais de Matéria Seca, Carbono, Nitrogênio e relação C/N remanescentes estão descritos nos Apêndices A e C.

As condições climáticas (precipitação pluviométrica e temperatura do ar) durante o período de realização dos estudos estão apresentadas na Tab. 15.

Tabela 15 – Precipitação acumulada e temperatura média do ar em cada intervalo de amostragem das bolsas de decomposição, para as tortas de mamona, nos dois períodos estudados, safra outono e safra primavera de 2011. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Amostragem	Intervalodias.....	Precipitação (mm)		Temperatura (°C)	
		Safra outono	Safra primavera	Safra outono	Safra primavera
1	0 – 7	2,8	23,9	23,4	18,3
2	8 – 14	54,9	7,5	21,4	17,8
3	15 – 21	26,8	33	21,7	19,4
4	22 – 28	71,4	4,9	20,6	16,9
5	29 – 45	29,4	21,9	20,4	19,7
6	46 – 60	100,3	47,1	18,4	21,9
7	60 – 90	70,7	73,9	15,9	21,9
8	90 – 120	101,6	73,6	13,2	23,2

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Decomposição dos resíduos

Em termos gerais a torta de mamona apresentou decomposição mais rápida do que a torta de tungue, da mesma forma que o material disposto a campo foi mineralizado mais rapidamente em relação ao material colocado em ambiente protegido (Fig. 2). Observou-se maior e mais rápida decomposição do material disposto nas bolsas grandes, comparativamente ao material colocado nas bolsas pequenas (Fig. 2).

No outono, a torta de mamona a campo, aos 21 DAD, já havia perdido 55% da sua matéria seca inicial nas bolsas maiores, enquanto que, em ambiente protegido perdeu apenas 38%. Neste mesmo período, 41% da torta de tungue foi decomposta em condições de campo e 27% em ambiente protegido. Nas bolsas menores, de maneira geral, a decomposição foi mais lenta. No mesmo período a torta de mamona perdeu 30% de sua matéria seca inicial em ambos os ambientes, enquanto a torta de tungue perdeu 32% a campo e 26% em ambiente protegido. Na primavera os resultados foram semelhantes, onde se observou a perda de 53% do peso inicial da torta de mamona a campo nas bolsas maiores e 44% em ambiente protegido. Para a torta de tungue, observou-se a perda aproximada de 40% do peso inicial do material disposto nos dois ambientes. Nas bolsas menores, a decomposição da torta de mamona chegou a 37% a campo e 25% em ambiente protegido. Para a torta de tungue a campo o percentual ficou em 23 e 28% em ambiente protegido e em condições de campo, respectivamente.

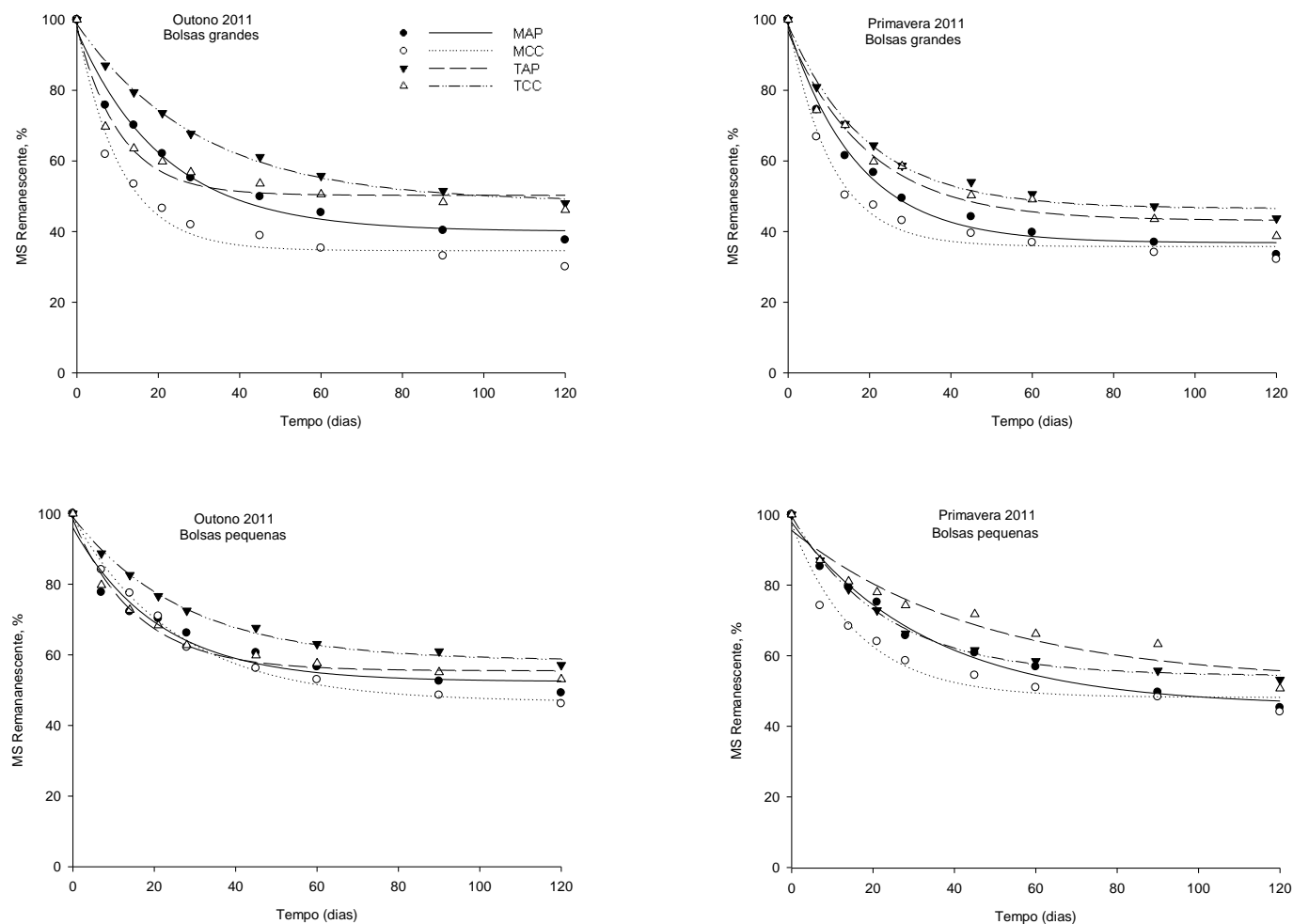


Figura 2. Porcentagem de matéria seca (MS) remanescente das tortas de mamona e de tungue, dias após a disposição das bolsas, em duas épocas de estudo, outono e primavera 2011, sendo MCC – torta de mamona em condições de campo; MAP – torta de mamona em ambiente protegido; TCC - torta de tungue em condições de campo; TAP – torta de tungue em ambiente protegido; bolsas grandes de decomposição 0,20 x 0,20 m; bolsas pequenas de decomposição 0,15 x 0,07 m. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Ao final dos 120 dias, observou-se a decomposição de cerca de 70% da torta de mamona disposta a campo nas bolsas grandes, nas duas épocas estudadas. Para a torta de tungue, notou-se a decomposição entre 50 e 60% do material inicial. Nas bolsas pequenas, observou-se perda aproximada de 55% para a torta de mamona e de 45% para a torta de tungue. Os resultados indicam que a velocidade de decomposição está relacionada não só com o tipo de material, mas também com a área de ataque dos microrganismos, evidenciado pela taxa diferencial de decomposição nos dois tamanhos de bolsas utilizadas.

Embora a taxa de decomposição tenha variado em função dos materiais, do ambiente e do tamanho das bolsas, a curva de decomposição da matéria seca de ambos os resíduos obedeceu a mesma tendência, com uma fase inicial rápida, até 21 DAD, seguida de uma fase mais lenta que se estendeu até o final do período estudado. Estes resultados estão de acordo com os dados dos trabalhos de decomposição de resíduos de plantas de cobertura observados por Giacomini et al. (2003), Ceretta et al. (2002), Aita et al. (2006) e Cruz (2009). Possivelmente, a rápida decomposição inicial do material esteja relacionada com a intensa atividade microbiana nesse período. Trabalho desenvolvido por Severino et al. (2004), em solo onde se adicionou torta de mamona apresentou grande atividade microbiana, sendo este um indicativo de que a decomposição do material é rápida e que seus nutrientes são ligeiramente liberados às plantas.

De maneira geral, observou-se que os materiais dispostos a campo e em bolsas grandes foram decompostos mais rapidamente quando comparados aos materiais colocados em ambiente protegido e em bolsas pequenas. Este fato, possivelmente está relacionado com a área de exposição dos materiais ao ataque dos organismos. Nas bolsas grandes a área do material em contato com o solo e exposição à ação dos microrganismos foi cerca de quatro vezes maior quando comparada às bolsas pequenas, o que, possivelmente contribuiu para maior decomposição do material acondicionado naquelas condições.

A torta de mamona disposta a campo e em bolsas grandes apresentou o menor tempo de meia vida ($T_{1/2}$), 07 dias, nas duas épocas estudadas, outono e primavera (Tab. 16). Estes resultados comungam com a afirmação de Severino et al.

(2004), segundo o qual, a torta de mamona possui elevados teores de componentes solúveis e nitrogênio, o que ocasiona a sua rápida decomposição.

Tabela 16 – Parâmetros do modelo ajustado aos valores observados da matéria seca (MS) remanescente, tempo de meia vida ($T_{1/2}$) da MS do compartimento lábil e valores de R^2 para a torta de mamona e de tungue. Pelotas, RS, 2011. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Resíduo	ka	T _{1/2}	R ²
	---dias ⁻¹ ---	---dias ---	
Outono - bolsas grandes			
MAP	0,0467	15	0,982
MCC	0,0930	7	0,9760
TAP	0,0332	21	0,9966
TCC	0,0950	7	0,9639
Outono - bolsas pequenas			
MAP	0,0474	15	0,9529
MCC	0,0396	18	0,9941
TAP	0,0367	19	0,9942
TCC	0,0642	11	0,985
Primavera - bolsas grandes			
MAP	0,0587	12	0,9878
MCC	0,0944	7	0,9863
TAP	0,0520	13	0,9906
TCC	0,0514	13	0,9665
Primavera - bolsas pequenas			
MAP	0,0297	23	0,9866
MCC	0,0613	11	0,9658
TAP	0,0216	32	0,9377
TCC	0,0438	16	0,9968

MAP – torta de mamona em ambiente protegido; MCC torta de mamona em condições de campo; TAP – torta de tungue em ambiente protegido; TCC – torta de tungue em condições de campo.

Bolsas grandes de decomposição 0,20 x 0,20 m; bolsa pequena de decomposição – 0,15 x 0,07 m.

ka – taxa constante de liberação; $T_{1/2}$ – tempo de meia vida; R^2 - coeficiente de correlação.

Em ambiente protegido, de maneira geral, a torta de tungue apresentou a menor taxa de decomposição, onde o tempo de meia vida variou entre 13 e 21 dias para o material acondicionado em bolsas grandes e, 19 e 32 dias para o material acondicionado em bolsas pequenas.

De maneira geral, observou-se menor tempo de meia vida para a torta de mamona nos dois ambientes e nos dois tamanhos de bolsas. Apenas no outono de 2011, verificou-se tempo de meia vida de 7 dias para a torta de tungue em

condições de campo em bolsas grandes, resultado que desvia-se da tendência geral observada nos experimentos.

Para Reinertsen et al. (1984), a decomposição dos resíduos é afetada pelas concentrações dos nutrientes nas frações solúveis em água, pelo teor de lignina, pelo percentual de N e pela relação C/N do material. Na torta de mamona, como mostra a Tab. 3 (Capítulo I), o teor de N é superior ao encontrado na torta de tungue, assim como a relação C/N da torta de mamona é menor que da torta de tungue. Estas características podem ter sido responsáveis pela maior decomposição da torta de mamona comparativamente à torta de tungue. Segundo Kiehl (1985), o tempo necessário para a decomposição de resíduos é administrado pelo teor de nitrogênio dos materiais, o qual determinará também a relação C/N. Estes resultados corroboram com os dados obtidos por Silva et al. (2007) em estudo com esterco caprino e *Crotalaria juncea* L., por Araújo e Franco (2007), com torta de mamona, esterco caprino e bovino, assim como com os obtidos por Giacomini et al. (2003), Ceretta et al. (2002) e Boer et al. (2008) em estudos com resíduos de plantas de cobertura, onde a taxa de decomposição foi inversamente proporcional à relação C/N dos resíduos.

A decomposição de ambos os resíduos foi inicialmente muito rápida. A velocidade de decomposição dos resíduos está relacionada à sua relação C/N (ZIBISKE, 1987; PALM; SANCHES, 1991), e à sua composição bioquímica inicial (SAVIOZZI et al., 1997). Esta afirmação contribui para o entendimento da rápida decomposição dos materiais, pois a torta de mamona possuía relação C/N inicial de 4:1 e a torta de tungue de 20:1 (Tab. 3, Capítulo I), relações estas consideradas baixas e que, possivelmente, contribuíram para a rápida decomposição inicial das tortas. A partir do segundo mês da disposição dos materiais, observa-se que a decomposição torna-se mais lenta, seguindo a mesma tendência até o final do estudo.

Todos os dados revelam que ao final dos 120 DAD a decomposição dos materiais em condições de campo foi maior do que em ambiente protegido. Por exemplo, ao final dos 120 DAD, na época de outono 2011, 70% da torta de mamona disposta a campo em bolsas grande foi decomposta e apenas 63% em ambiente protegido. A torta de tungue chegou ao final com 44% do material disposto a campo

decomposto e 42% em ambiente protegido. Resultado semelhante repetiu-se na época primavera.

Kiehl (1985) aponta que a umidade e temperatura são os principais fatores ambientais que interferem na decomposição de materiais orgânicos. No entanto, neste estudo, procurou-se manter a umidade do solo tanto em condições de campo como em ambiente protegido próximo à capacidade de campo. Também não houve variações na temperatura dos dois ambientes, dentro de cada época de estudo. Assim, é provável que a condição de umidade e temperatura não tenha sido o principal fator condicionante da decomposição diferencial dos materiais. Mesmo assim, observa-se que há uma tendência de maior decomposição dos resíduos quando dispostos a campo. Embora o solo utilizado tenha sido o mesmo para os dois ambientes, este comportamento possivelmente está relacionado à maior presença de organismos decompositores, sobretudo a fauna edáfica, a campo, comparativamente ao ambiente protegido onde a decomposição estava limitada à presença de organismos na área do vaso onde estavam os resíduos. A população de organismos decompositores, especialmente a macrofauna, pode sofrer alteração, diminuindo a sua população, após o solo sofrer interferência através do manejo (GONÇALVES, 2012). Possivelmente, nos vasos a população de organismos decompositores, especialmente a macrofauna, tenha sido inferior àquela em condições de campo, o que pode ter influenciado na menor decomposição dos resíduos em ambiente protegido.

Embora sem expressivas diferenças, de maneira geral, na primavera os resíduos chegaram ao final dos 120 dias com maior decomposição comparativamente ao outono. Este fato pode ser atribuído às condições climáticas, especialmente a temperatura, pois o final do segundo estudo coincidiu com dias mais quentes nos meses de janeiro e fevereiro. Outro fator que interfere sobre a decomposição dos resíduos é o próprio solo onde estes são dispostos. No estudo realizado durante a primavera, o solo apresentava valores de pH, matéria orgânica e CTC maiores do que o solo onde se realizou o estudo durante o outono (Tab. 2, Capítulo I). Embora estes valores não sejam expressivamente diferentes, o solo é um fator de interferência na decomposição, já que, é nele que se abrigam os organismos decompositores do material orgânico, e solos mais ricos em nutrientes

tendem a ter maior atividade biológica (PRIMAVESI, 1999; TROEH; THOMPSON, 2007; SANTOS et al., 2008; BISSANI et al., 2008; MOREIRA et al., 2008). As condições do solo onde se desenvolveram os estudos, juntamente com as condições climáticas de cada estação, possivelmente, contribuíram para os resultados que mostraram, de maneira geral, que a taxa de decomposição dos resíduos durante a primavera foi maior do que no outono de 2011.

3.2 Liberação de C

O solo constitui-se num importante reservatório de carbono e este, é o principal constituinte da matéria orgânica. A reposição de C faz com que seja minimizada a perda de C por mineralização e erosão do solo, resultando no aumento do estoque de matéria orgânica no solo (CRUZ, 2009).

Neste estudo a curva de liberação de C seguiu a mesma tendência da curva de decomposição da matéria seca, onde a liberação inicialmente foi rápida seguida de uma fase mais lenta iniciada 21 dias após a disposição dos resíduos. Na análise do comportamento do C remanescente (Fig. 03) nos dois estudos realizados, verifica-se que aos 21 dias após a disposição dos resíduos, cerca de 64% do C contido na torta de mamona disposta a campo nas bolsas grandes havia sido liberado ao solo, comparado a apenas 36 a 39% da torta de tungue. Nas bolsas pequenas, os resíduos seguiram com o mesmo comportamento, no entanto com menor liberação de C, onde em condições de campo a torta de mamona liberou entre 38 e 44% e a torta de tungue cerca de 18 e 28% do C.

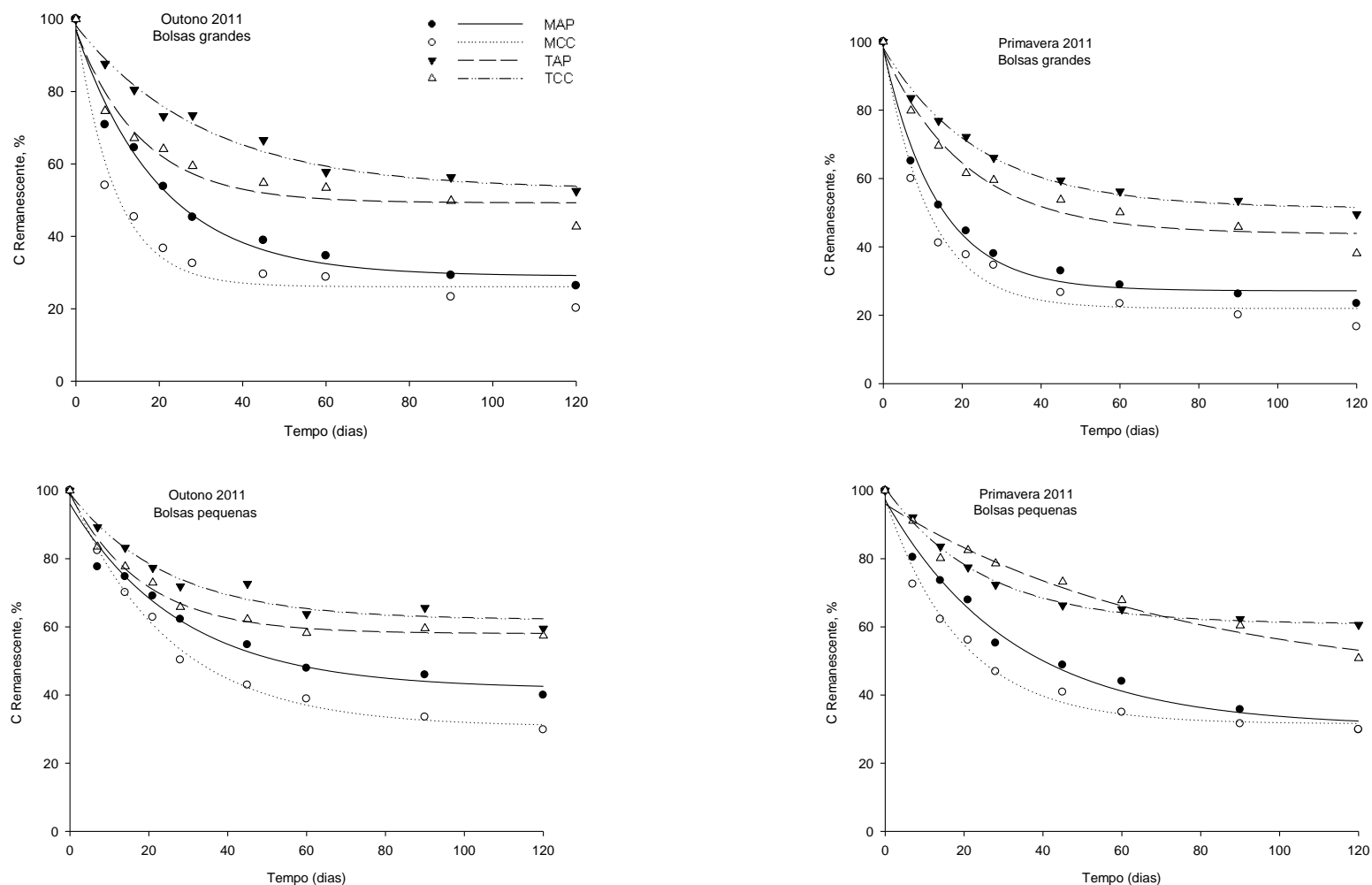


Figura 3. Porcentagem de carbono (C) remanescente das tortas de mamona e de tungue, dias após a disposição das bolsas, em duas épocas de estudo, outono e primavera 2011, sendo MCC – torta de mamona em condições de campo; MAP – torta de mamona em ambiente protegido; TCC - torta de tungue em condições de campo; TAP – torta de tungue em ambiente protegido; bolsas grandes de decomposição 0,20 x 0,20 m; bolsas pequenas de decomposição 0,15 x 0,07 m. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Aos 120 dias após a disposição dos materiais em condições de campo dispostos nas bolsas grandes, observou-se a liberação entre 76 e 80% do C da torta de mamona contra apenas 60% do C liberado da torta de tungue. Nas bolsas pequenas entre 60 e 70% do C foi liberado da torta de mamona, e em torno de 40% do C da torta de tungue, nos dois ambientes e nas duas épocas analisadas.

Reinersten et al. (1984) afirmam que quanto maior a quantidade de C e N solúveis em água, mais rápida será a decomposição inicial dos resíduos orgânicos, especialmente pela flora bacteriana. Para Reinersten et al. (1984) e Christensen (1985), a elevada taxa inicial de decomposição dos resíduos culturais se deve à facilidade com que os compostos orgânicos, especialmente carboidratos da fração solúvel em água, são utilizados como fonte de energia pela população microbiana. Possivelmente, a torta de mamona pela sua composição química e relação C/N se enquadra nessa situação, como confirmado pela dinâmica de decomposição do material.

Nas duas épocas, nos dois tamanhos de bolsas e em ambos os ambientes, ficou caracterizado a mais alta liberação de C da torta de mamona, durante todo o período estudado em relação à torta de tungue. Atribuí-se este resultado às diferenças na composição química dos materiais e ao fato da relação C/N da torta de mamona ser menor do que da torta de tungue.

A maior liberação de C da torta de mamona comparada a torta de tungue, possui algumas implicações práticas que devem ser consideradas em relação aos sistemas produtivos. Se por um lado a torta de mamona libera os nutrientes mais prontamente para os cultivos, por outro, a torta de tungue por decompor-se mais lentamente permite um efeito residual por um tempo mais longo. Esta pode ser uma característica interessante se a área estiver sendo utilizada com cultivos sucessivos. Porém, o uso de adubos orgânicos deve estar associado ao interesse do agricultor e ao planejamento da unidade agrícola. Ao dispor no solo fertilizante orgânico com a finalidade de adubação de um cultivo específico, possivelmente é desejável que o material orgânico decomponha-se rapidamente liberando seus nutrientes para as plantas e de acordo com a necessidade da cultura em desenvolvimento. Entretanto, se o material é utilizado como um componente de reestruturação do agroecossistema juntamente com um plano de manejo, por exemplo, provavelmente

seja interessante que o material orgânico decomponha-se em um período de tempo maior, permitindo o aproveitamento do material em mais de um ciclo de cultivos. A escolha do material orgânico a ser utilizado recairá sobre o objetivo de seu uso.

3.3 Relação C/N

A relação carbono/nitrogênio (C/N) (Fig. 4), ao final do estudo, foi mais elevada para o resíduo torta de tungue, comparativamente à torta de mamona, nas duas épocas analisadas. Ao longo do tempo a relação C/N aumentou nos dois resíduos, consequência da mineralização e liberação de N (Fig. 5) para o sistema e da baixa relação C/N inicial dos resíduos, o que, pode ter facilitado à decomposição pela ação microbiana (PADOVAN et al., 2006). O aumento da relação C/N foi mais pronunciado para a torta de tungue comparativamente à torta de mamona nas duas épocas estudadas, assim como nos dois ambientes e nos dois tamanhos de bolsas. Esse aumento diferencial é provavelmente devido a mais lenta liberação do C na torta de tungue em relação a torta de mamona (Fig. 3). Trabalhos com resíduos culturais de plantas de cobertura com gramíneas e leguminosas, geralmente indicam uma diminuição da relação C/N ao longo do tempo de disposição ao solo (WAGGER, 1989; RANELLS; WAGGER, 1996; LUPWAYI et al., 2004), consequência da decomposição dos materiais e liberação equivalente de C e N. Neste trabalho, atribuí-se o aumento da relação C/N, particularmente na torta de tungue, fundamentalmente a velocidade de liberação do C em relação ao N, onde o N apresentou liberação mais rápida que o C nos dois estudos realizados (Fig. 3 e 5).

O aumento expressivo da relação C/N na torta de tungue, provavelmente, deva-se ao fato de que, após a rápida decomposição inicial da fração mais facilmente decomponível dos materiais (CHRISTENSEN, 1985) sobraram compostos mais recalcitrantes ao ataque microbiano, como por exemplo, lignina e polifenóis (PAUL; CLARCK, 1996). A porcentagem de lignina presente nos resíduos tem influência sobre o processo de decomposição vegetal e a liberação de nutrientes, sendo menor a liberação onde há maior percentual de lignina (PALM; SANCHEZ, 1991). Mesmo que neste trabalho não estejam apresentados dados referentes aos teores de lignina das tortas de mamona e de tungue, é possível que na torta de

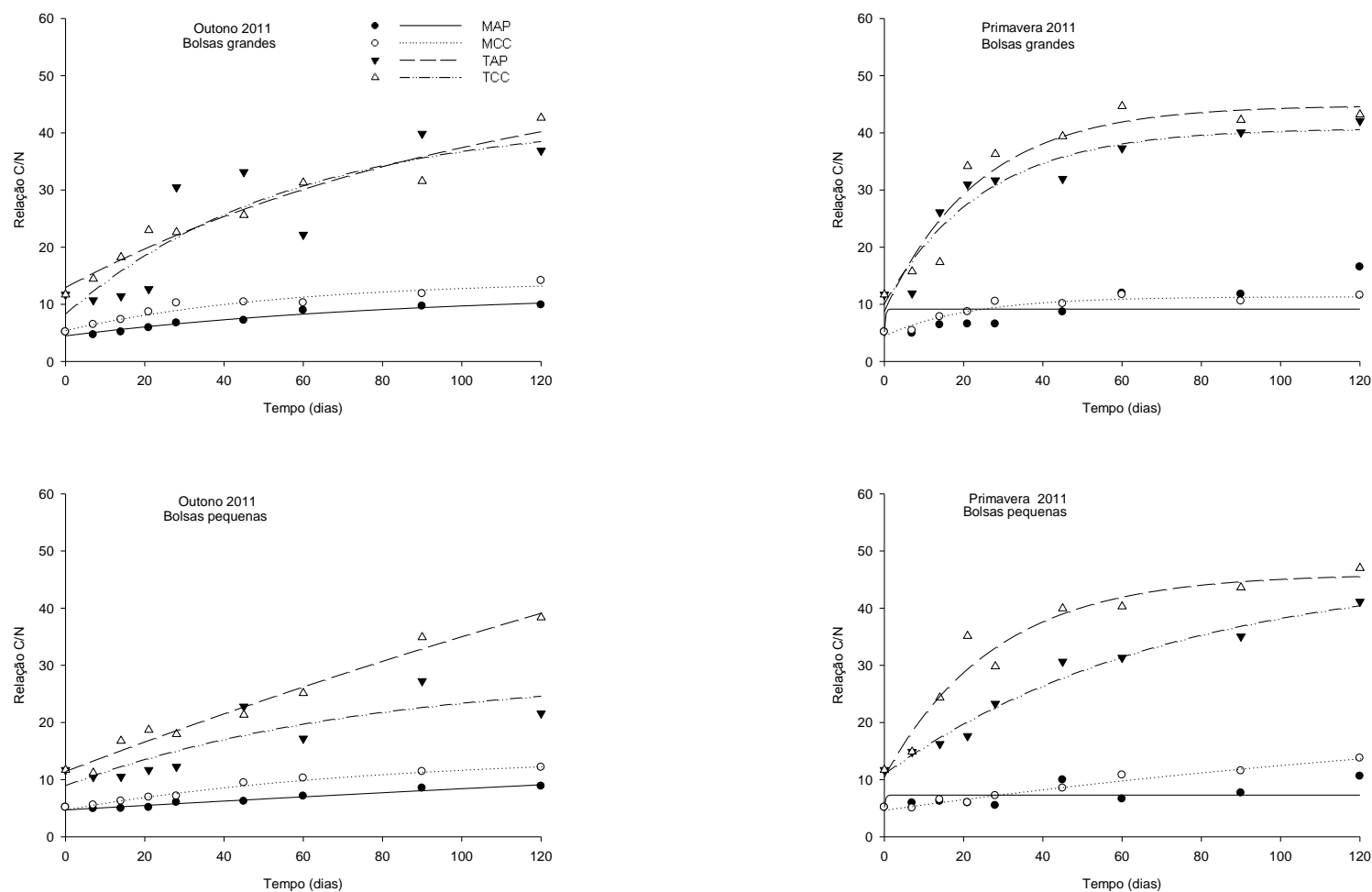


Figura 4 - Relações C/N das tortas de mamona e de tungue, dias após a disposição das bolsas, em duas épocas de estudo, outono e primavera 2011, sendo MCC – torta de mamona em condições de campo; MAP – torta de mamona em ambiente protegido; TCC - torta de tungue em condições de campo; TAP – torta de tungue em ambiente protegido; bolsas grandes de decomposição 0,20 x 0,20 m; bolsas pequenas de decomposição 0,15 x 0,07 m. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

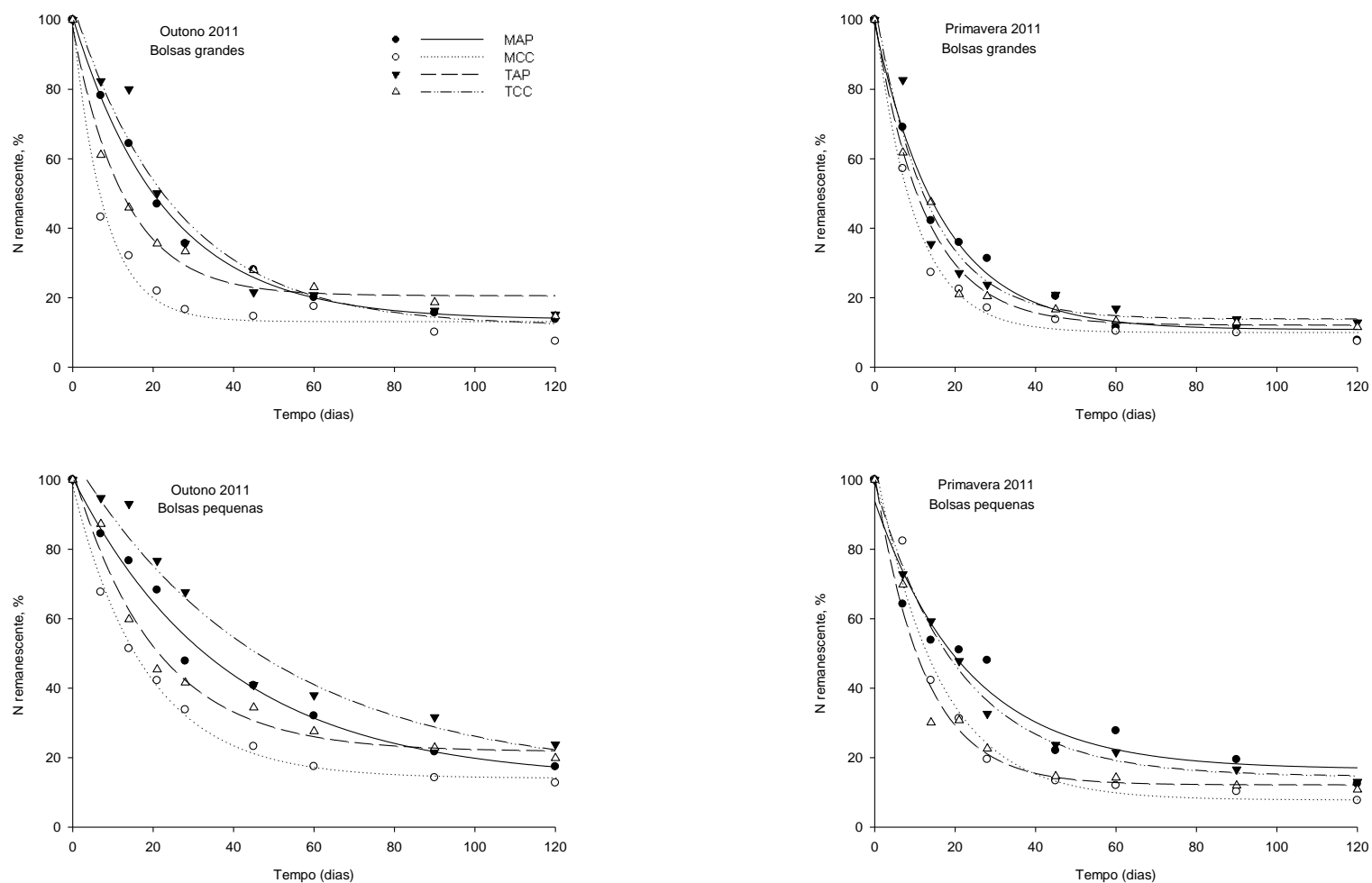


Figura 5 - Porcentagem de nitrogênio (N) remanescente das tortas de mamona e de tungue, dias após a disposição das bolsas, em duas épocas de estudo, outono e primavera 2011, sendo MCC – torta de mamona em condições de campo; MAP – torta de mamona em ambiente protegido; TCC - torta de tungue em condições de campo; TAP – torta de tungue em ambiente protegido; bolsas grandes de decomposição 0,20 x 0,20 m; bolsas pequenas de decomposição 0,15 x 0,07 m. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

tungue o teor de lignina seja superior ao da torta de mamona, o que pode ter contribuído para a menor decomposição e aumento da relação C/N da torta de tungue ao longo do tempo, pois como substâncias polimerizadas que são, as ligninas cimentam entre si fibras celulósicas que no solo formam complexos com aminoácidos e outras substâncias, originando materiais resistentes à degradação (CAMARGO et al., 1999; CRUZ, 2005). Devido a sua complexidade a lignina é um dos componentes mais difíceis de ser decomposto, pois necessita de enzimas específicas que são encontradas em poucas espécies de organismos decompositores como os fungos basidomicetos e bactérias lignolíticas (MORSELLI, 2004; CRUZ, 2005).

A torta de mamona, por possuir elevados teores de nitrogênio e componentes solúveis e baixa relação C/N inicial, em torno de 5:1 no caso do material analisado, apresentou rápida decomposição (SEVERINO et al., 2004). Além disso, resíduos com menor relação C/N possuem maior concentração de constituintes orgânicos facilmente decomponíveis (STEVENSON, 1986), como, possivelmente, seja o caso da torta de mamona.

A decomposição de resíduos é governada por fatores bióticos e abióticos (CRUZ, 2009) onde a relação C/N dos resíduos aportados ao solo assume papel importante na decomposição/mineralização de N (AMADO; SANTI; ACOSTA; 2003). Segundo Aita et al. (2001) materiais orgânicos com relação C/N em torno de 25:1 apresentam equilíbrio entre esses processos, enquanto que, valores superiores causam imobilização e, valores inferiores promovem a rápida mineralização de N.

4. CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo permitem as seguintes conclusões:

Resíduos de torta de mamona decompõem-se com maior rapidez do que resíduos de torta de tungue, entretanto, ambos os materiais em função da adequada liberação de nutrientes, apresentam grande potencial para uso como adubos orgânicos em sistemas de produção de base ecológica.

Os dados referentes as taxas de decomposição de resíduos orgânicos são influenciados pela área de exposição em que estão dispostos no solo.

Resíduos dispostos a campo decompõem-se mais rapidamente do que resíduos dispostos em ambiente protegido.

Na primavera há maior decomposição de resíduos do que no outono.

CAPÍTULO III

LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE RESÍDUOS ORGÂNICOS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE BASE ECOLÓGICA

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da demanda por alimentos orgânicos no Brasil e em nível mundial, cresce também a necessidade de ofertar aos agricultores familiares possibilidade de melhoria das condições dos solos para a condução dos cultivos de base ecológica. No Rio Grande do Sul, cultivos em bases ecológicas, são realizados quase que exclusivamente por agricultores familiares e, estes utilizam como principal fonte de adubação resíduos orgânicos produzidos nas propriedades, húmus e adubação verde (COSTA, 2006). Entretanto, em muitas unidades agrícolas a disponibilidade de esterco não é suficiente para atender a demanda de cultivos mais exigentes em nutrientes. Além disso, muitos solos, pelo uso contínuo, ou pela própria estrutura, encontram-se em condição de baixa fertilidade. Estes solos, encontrados muitas vezes nas propriedades que praticam ou desejam praticar uma agricultura mais sustentável, necessitam de aporte de material orgânico capaz de fazer com que os cultivos alcancem a produtividade desejada.

A escolha do material que servirá como adubo orgânico está ligado à sua disponibilidade local e aos sistemas de produção em que serão inseridos. Como modelo ideal, a decomposição e a liberação de nutrientes devem ocorrer de forma paralela à demanda das plantas em crescimento (CALEGARI, 1992). A torta de mamona, pela sua composição química e pela rápida disponibilização de nutrientes, apresenta-se como um excelente adubo orgânico (SEVERINO, 2004; BISSANI et al., 2008). Quanto à torta de tungue a literatura sobre sua decomposição e liberação de

nutrientes é praticamente inexistente, sabendo-se apenas que seu destino é a utilização como adubo orgânico ou como substrato para mudas, pela impossibilidade de destiná-la à alimentação animal. Assim, o conhecimento sobre a decomposição e a liberação de nutrientes das tortas de mamona e de tungue quando utilizadas como adubo orgânico é fundamental para o uso adequado destes materiais em sistemas de produção de base ecológica.

A liberação de nutrientes da liteira ocorre naturalmente, com a posterior absorção pelas plantas de maneira sincronizadas. Os ecossistemas naturais tem a propriedade de regular o ciclo de nutrientes (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 1999). No entanto, ao aportar-se adubos para os cultivos, esta sincronia pode ser quebrada, fazendo com que em determinados momentos as plantas disponham de nutrientes em excesso, e em outros, pode-se observar a falta de nutrientes para seu desenvolvimento. Elementos como o nitrogênio, que é rapidamente liberado, podem ser perdidos por erosão, lixiviação e volatilização (SANCHEZ et al., 1989; TROEH; THOMPSON, 2007), ou absorvido em demasia pelas plantas, causando excesso de produção de massa verde em detrimento da produção de frutos, grãos e tubérculos, por exemplo (MALAVOLTA, 2006).

A liberação do fósforo dependerá da forma como ele se apresenta no tecido vegetal (PRADO, 2008). O potássio pode ser rapidamente liberado, pois não é um componente da estrutura do tecido vegetal (MARSCHNER, 1995). Quanto ao cálcio, sua liberação poderá ser mais lenta quando comparada aos outros nutrientes, pois o Ca está presente nas estruturas mais recalcitrantes dos vegetais (TAIZ; ZIEGER, 2004). O magnésio também faz parte da estrutura vegetal, ocupando posição central na molécula de clorofila e participa como ativador enzimático (MALAVOLTA, 2006). As rochas são a principal fonte de Mg que o liberam para o solo nas condições naturais. A incorporação de Mg no solo a partir de resíduos vegetais não significa uma adição líquida, mas um aporte para a manutenção do nível do nutriente no solo (MALAVOLTA, 2006).

A velocidade de decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos dependerá da forma como se encontram nos tecidos vegetais (GIACOMINI, et al. 2003). Os principais fatores que afetam a taxa de mineralização dos materiais orgânicos são as condições edafoclimáticas como umidade, temperatura e pH

(KIELH, 1985), a qualidade do material orgânico, como a concentração dos nutrientes, fração solúvel, lignina, polifenóis e relação C/N (PAUL; CLARK, 1996).

Na literatura encontram-se trabalhos de decomposição e liberação de resíduos de plantas de cobertura, no entanto, com resíduos como as tortas de mamona e de tungue, são escassos os estudos. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a liberação de N, P, K, Ca e Mg pelas tortas de mamona e de tungue utilizadas como adubos orgânicos em sistemas de produção de base ecológica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo foram realizados dois experimentos em duas épocas diferentes. O primeiro estudo foi conduzido entre os meses de abril a julho de 2011, safra de outono, e o segundo estudo entre os meses de outubro de 2011 a fevereiro de 2012, safra de primavera. Os trabalhos foram realizados na Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS, latitude 31°37' Sul e longitude 52°21' Oeste, localizada a 160 metros de altitude em relação ao nível do mar (REISSER JÚNIOR et.al., 2005). O solo predominante é do tipo ARGISSOLO (EMBRAPA, 2013).

As condições climáticas (precipitação pluviométrica e temperatura do ar) durante o período de estudo estão apresentadas na Tab. 15 (Capítulo II).

O processo de coleta, secagem e quantificação da matéria seca está descrito em material e métodos do Capítulo II.

As determinações dos macronutrientes, N, P, K, Ca e Mg, foram realizadas segundo o modelo descrito por Tedesco et al. (1985). A composição química dos resíduos torta de mamona e de tungue foi apresentada no Capítulo I.

As taxas de decomposição dos resíduos e liberação de N, P, K, Ca e Mg foram estimadas através de parâmetros dos modelos ajustados aos valores observados, modelos não lineares de regressão conforme propostos por Weider e Land (1982). A escolha do tipo do modelo e a representação matemática estão apresentados no material e métodos do Capítulo II.

Os percentuais de Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio remanescentes estão descritos nos Apêndices B e D.

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Liberação de N

A porcentagem de nitrogênio (N) remanescente nos resíduos de torta de mamona e de tungue é apresentada na Fig. 6. O comportamento do N nos resíduos estudados foi semelhante ao observado para a matéria seca remanescente (Fig. 2, Capítulo II), com duas fases distintas: três primeiras semanas de rápida liberação, seguida de uma liberação mais lenta, após esse período. Estes resultados corroboram os encontrados por Aita e Giacomini (2003) em trabalhos com resíduos de aveia e ervilhaca, e Torres et al. (2005) em estudo com crotalaria e guandu. Observou-se que a liberação de N da torta de mamona quando disposta a campo, particularmente na safra de outono, apresentou tendência a ser superior quando comparada a torta de tungue nas mesmas condições. Este fato, provavelmente, está relacionado à relação C/N que na torta de mamona é menor comparativamente à da torta de tungue. A relação C/N dos resíduos tem importante papel na decomposição dos resíduos e liberação de N, sendo mais rápida nos materiais com menor relação C/N (AMADO et al., 2003).

Neste estudo, como esperado, a liberação de N inicialmente foi bastante rápida, diminuindo com o passar do tempo. Estes dados assemelham-se aos resultados encontrados em trabalhos com plantas de cobertura de solo, desenvolvidos por Wilson e Hargrove (1986), Amado, Santi e Acosta. (2003), Giacomini (2003), Aita et al. (2006) e Cruz (2009). Para os dois resíduos, aos 21 dias após a disposição (DAD), cerca de 50% do N já havia sido liberado independente do tamanho de bolsas, nas duas épocas estudadas, sendo que, na primavera, o N da torta de mamona disposta a campo nas bolsas grandes, foi

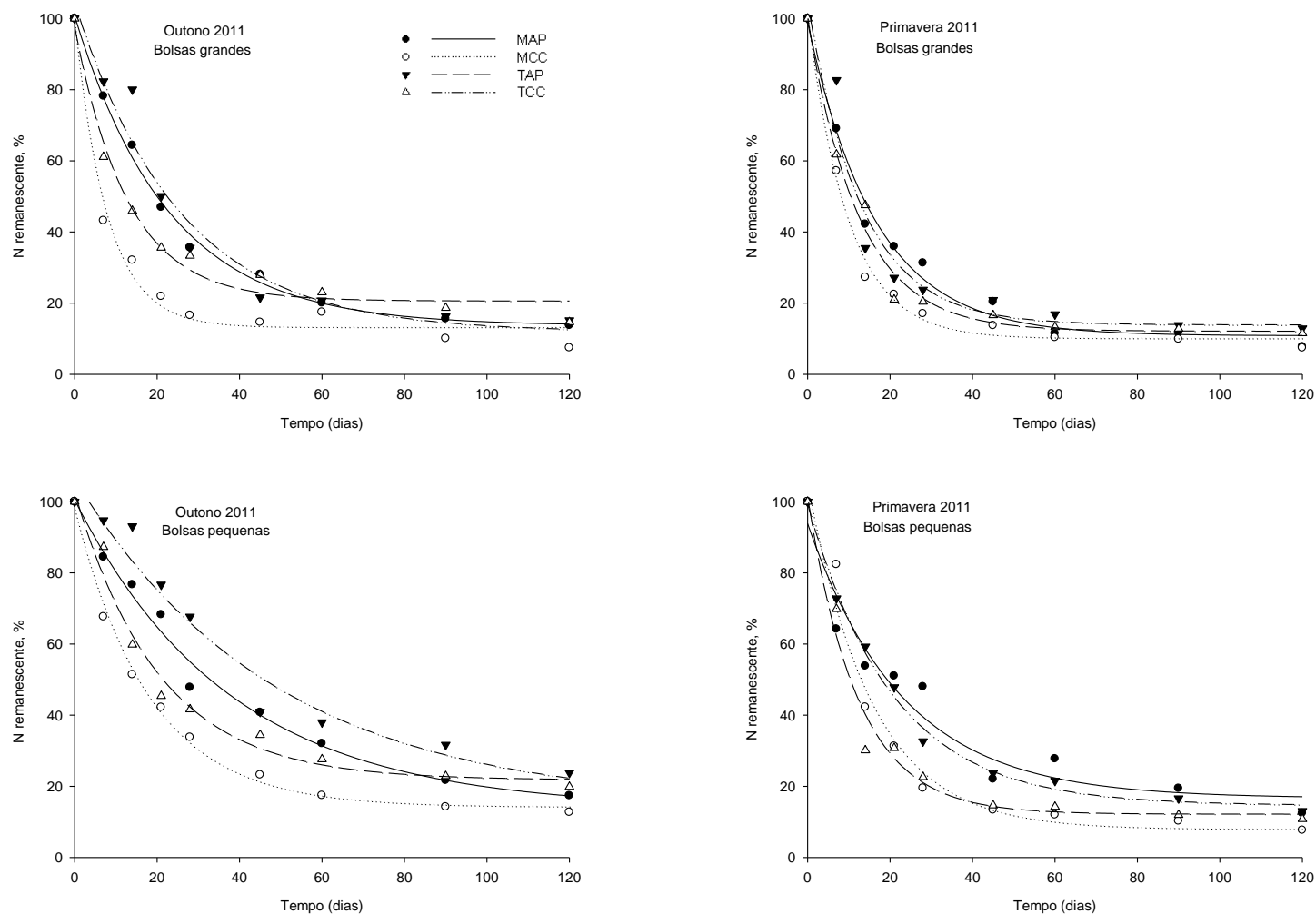


Figura 6. Porcentagem de nitrogênio (N) remanescente das tortas de mamona e de tungue, dias após a disposição das bolsas, em duas épocas de estudo, outono e primavera 2011, sendo MCC – torta de mamona em condições de campo; MAP – torta de mamona em ambiente protegido; TCC - torta de tungue em condições de campo; TAP – torta de tungue em ambiente protegido; bolsas grandes de decomposição – 0,20 x 0,20 m; bolsas pequenas de decomposição – 0,15 x 0,07 m. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

mineralizado ainda em menor tempo, pois aos 7 DAP, 47% do N já tinha sido liberado.

Aos 28 DAD, entre 83 e 84% do N da torta de mamona em condições de campo nas bolsas grandes havia sido liberado nas duas épocas estudadas. Nesse mesmo período em ambiente protegido, entre 65 e 69% do N desse resíduo já havia sido mineralizado. Ainda aos 28 DAD, em condições de campo foram liberados 77% do N contido na torta de tungue no outono e 80% na primavera. Em ambiente protegido, a liberação de N desse resíduo foi de 65 e 77% no outono e primavera, respectivamente. Estes resultados são superiores aos encontrados em trabalhos realizados com leguminosas, onde, aos 30 dias de análise de decomposição da ervilhaca, Amado, Santi e Acosta (2003), observaram 51 e 46% de liberação de N em dois anos de estudo, assim como Giacomini (2003) observou liberação de 53% de N para ervilhaca e Cruz (2009), em trabalho com trevo branco e soja, registrou liberação em torno de 60% de N. Estes dados revestem-se de uma importância prática muito grande para o manejo desses resíduos. Ao ser planejada a adubação, deve-se considerar a elevada liberação de N aos primeiros dias após a aplicação e o sincronismo dessa liberação com a demanda por N da espécie em cultivo.

Aos 120 DAD mais de 80% do N contido nas tortas, nas duas épocas do estudo, nos dois tamanhos de bolsas já havia sido liberado, com exceção do tungue no outono, disposto em bolsas pequenas cuja liberação ficou em torno de 75%.

Aos 120 DAD, na primavera, a torta de mamona disposta em bolsas grandes e em condições de campo, continha 7% o N inicial em sua composição, ou seja, 93% do N foi liberado. No outono, nas mesmas condições, cerca de 88% do N foi liberado. Em ambiente protegido, observou-se liberação de N entre 83 e 88%, no outono e na primavera, respectivamente. Para a torta de tungue, embora em percentuais menores em comparação à torta de mamona, observou-se ao final do estudo, que também grande parte do N foi liberado. Em condições de campo o percentual de N liberado chegou a 86% no outono e 89% na primavera. Em ambiente protegido, observou-se liberação entre 85 e 88% do N no outono e na primavera, respectivamente.

Nas bolsas pequenas a liberação seguiu a mesma tendência observada para a decomposição da matéria seca. O percentual de liberação de N do material acondicionado nessas bolsas foi inferior comparativamente às bolsas grandes, nos dois ambientes e nas duas épocas estudadas. Como observado para a decomposição, nas bolsas grandes, a área de contato com o solo, e, por conseguinte a ação dos microrganismos decompositores é maior do que para as bolsas pequenas, o que, provavelmente contribuiu para maior liberação de N naquelas condições.

Em termos gerais, comparando as duas épocas estudadas, observa-se que na primavera 2011 os resíduos chegaram ao final do estudo com um percentual superior de N liberado. Este fato pode ser atribuído às condições climáticas predominantes entre os meses de abril e julho de 2011, mesmo com maior precipitação acumulada (453 mm), a temperatura é menor que a observada entre os meses de outubro de 2011 a fevereiro de 2012, especialmente nos três últimos meses do estudo. Umidade e temperatura são os principais fatores climatológicos que interferem na decomposição de resíduos e liberação de nutrientes (KIEHL, 1985; MOREIRA et al., 2008; SANTOS et al., 2008), havendo um aumento do processo com a elevação da temperatura e umidade adequada. Observa-se que nos dois estudos realizados em condições de campo, quando necessária foi realizada irrigação por aspersão para compensar a baixa precipitação, reduzindo, portanto, a influência da umidade como fator diferencial. As condições do solo onde se realizou o segundo estudo, safra de primavera, especialmente o teor de matéria orgânica, é levemente superior a do solo onde foi desenvolvido o primeiro estudo, safra de outono (Tab. 2, Capítulo I). Esse aspecto pode ter contribuído para a maior taxa de liberação do N, pois teores maiores de matéria orgânica estimulam a atividade dos organismos responsáveis pela decomposição de resíduos orgânicos (MOREIRA et al., 2008), feita basicamente pela atividade enzimática de bactérias e fungos, mas facilitada pela macrofauna (MOREIRA; HUISING; BIGNELL 2008). A atividade dos microrganismos é fundamental para quebra gradual as moléculas dos materiais orgânicos complexos em íons inorgânicos simples que podem ser absorvidos e utilizados pelas plantas em crescimento (TROEH; THOMPSON, 2007). As características químicas do solo são fatores que interferem diretamente na presença

destes organismos decompositores (SANTOS et al., 2008) e, conseqüentemente, no tempo e velocidade de decomposição dos resíduos e liberação de nutrientes.

Na Tab. 17, estão apresentados os parâmetros do modelo ajustado aos valores observados de N. O menor tempo de meia vida, 04 dias, foi observado para a torta de tungue em condições de campo, nas bolsas grandes, na época de primavera. Para a torta de mamona o menor tempo de meia vida, 5 dias, foi observado em condições de campo, nas bolsas grandes, na época de outono.

Tabela 17 Parâmetros do modelo ajustado aos valores observados de nitrogênio (N), tempo de meia vida ($T_{1/2}$) de N do compartimento lábil e valores de R^2 para os resíduos. Pelotas, RS, 2013. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Resíduo	ka	T _{1/2}	R ²
	---dias ⁻¹ ---	---dias ---	
Outono - bolsas grandes			
MAP	0,0438	16	0,9954
MCC	0,1270	5	0,9822
TAP	0,0395	18	0,9604
TCC	0,0781	9	0,9812
Outono— bolsas pequenas			
MAP	0,0265	26	0,9872
MCC	0,0550	13	0,9954
TAP	0,0208	33	0,9631
TCC	0,0491	14	0,98
Primavera - bolsas grandes			
MAP	0,0609	11	0,9882
MCC	0,1011	7	0,9934
TAP	0,0764	9	0,9501
TCC	0,0806	9	0,9853
Primavera - bolsas pequenas			
MAP	0,0435	16	0,9478
MCC	0,0644	11	0,9737
TAP	0,0486	14	0,9945
TCC	0,0827	4	0,9766

MAP – torta de mamona em ambiente protegido; MCC torta de mamona em condições de campo; TAP – torta de tungue em ambiente protegido; TCC – torta de tungue em condições de campo.

Bolsas grandes de decomposição 0,20 x 0,20 m; bolsa pequena de decomposição – 0,15 x 0,07 m.

ka – taxa constante de liberação; $T_{1/2}$ – tempo de meia vida; R^2 - coeficiente de correlação.

O maior tempo de meia vida, 33 dias, foi verificado na torta de tungue em ambiente protegido, nas bolsas pequenas, na época de outono, o que corrobora os

dados de menor taxa de decomposição da torta de tungue em relação à torta de mamona e mais rápida decomposição em bolsas grandes e em condições de campo.

3.2 Liberação de P

O fósforo está diretamente envolvido na maioria dos processos vitais das plantas (TROEH; THOMPSON, 2007), sendo um importante nutriente na armazenagem de energia e na integridade estrutural dos vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2004). Um solo poderá apresentar grande quantidade total de P, sem, no entanto, que esse nutriente esteja na solução do solo, onde estará disponível para absorção pelas plantas (PRADO, 2008). O P somente ficará disponível às plantas após a decomposição da matéria orgânica (SANTOS et al., 2008), onde o fósforo inorgânico dissolve-se na solução do solo, podendo ser assimilado pelas plantas em desenvolvimento (TROEH; THOMPSON, 2007).

Apesar de variação nos percentuais de liberação, a cinética de liberação de P foi semelhante à do N. Na liberação de fósforo (Fig. 7), observou-se um comportamento semelhante ao do N no que diz respeito à maior mineralização do nutriente nas condições de campo do que em ambiente protegido, assim como maior liberação na torta de mamona, maior liberação nas bolsas grandes e maior liberação na primavera em comparação à safra de outono. A maior liberação de P a campo e nas bolsas grandes, possivelmente está relacionada às condições do ambiente e a maior área de exposição dos materiais à ação dos microrganismos decompositores que a encontrada nos vasos em ambiente protegido. O fósforo contido nos materiais orgânicos só se tornará disponível às plantas quando os microrganismos do solo quebrarem a matéria orgânica liberando íons fosfato inorgânicos, H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} e PO_4^{3-} (PRADO, 2008).

Assim como para a decomposição da matéria seca e para a mineralização do N, observou-se a maior taxa de liberação de P até os 28 DAD dos resíduos, tanto a campo como em ambiente protegido, nas duas épocas analisadas. Decorridos 28 DAD, nos dois ambientes e nos dois tamanhos de bolsa, 50% do P já havia sido liberado nos dois resíduos. Para a torta de mamona na primavera, em condições de

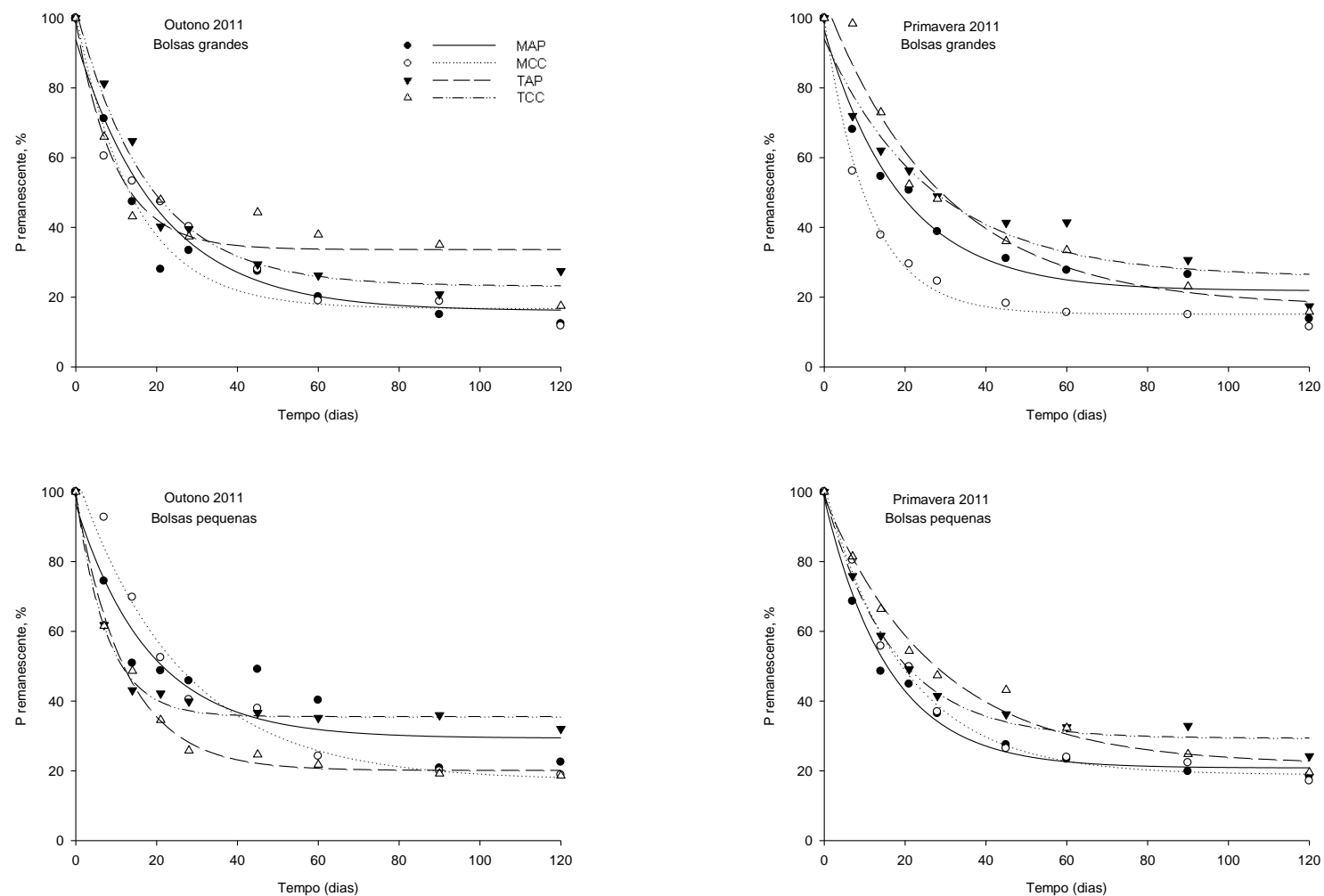


Figura 7. Porcentagem de fósforo (P) remanescente das tortas de mamona e de tungue, dias após a disposição das bolsas, em duas épocas de estudo, outono e primavera 2011, sendo MCC – torta de mamona em condições de campo; MAP – torta de mamona em ambiente protegido; TCC - torta de tungue em condições de campo; TAP – torta de tungue em ambiente protegido; bolsas grandes de decomposição – 0,20 x 0,20 m; bolsas pequenas de decomposição – 0,15 x 0,07 m. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

campo e nas bolsas grandes, 75% do P havia sido liberado para o sistema, aos 28 DAD. A rápida liberação de P, inferior a 30 dias, pode estar relacionada ao P da fração solúvel em água (BUCHAMANN; KING, 1993). A fração do P solúvel em água é importante na liberação desse nutriente durante a decomposição, pois se relaciona negativamente com as quantidades remanescentes do P dos resíduos (GIOCOMINI, 2003).

Aos 120 DAD, no outono cerca de 90% do P da torta de mamona nas bolsas grandes nos dois ambientes havia sido liberado. Para a torta de tungue nas mesmas condições, 83 e 73% do P, respectivamente em condições de campo e em ambiente protegido, havia sido liberado. Nas bolsas pequenas, no outono, em condições de campo, observou-se para as tortas de mamona e de tungue o mesmo percentual liberado, 82%; Em ambiente protegido foi menor a liberação, sendo mineralizado 78% do P da torta de mamona e 68% da torta de tungue.

Na primavera a liberação de P seguiu o mesmo comportamento da época de outono. Para a torta de mamona colocada a campo e em bolsas grandes, observou-se liberação de 89% do P aos 120 DAD, e para a torta de tungue 85%. Em ambiente protegido a liberação de P observada foi de 87 e 83%, respectivamente para a torta de mamona e para a torta de tungue.

Os resultados de liberação de P obtidos neste estudo mostram-se superiores ao observados em trabalhos com a utilização de plantas de cobertura onde para o milheto, constatou-se a liberação de 78 e 77% de P aos 150 e 180 DAD (CARPIM et al., 2008; BOER et al., 2007). Cruz (2009) constatou 55% de P liberado em 150 dias de decomposição de resíduos de leguminosas e gramíneas em dois anos de estudo.

Na Tab. 18 estão apresentados os parâmetros do modelo ajustado aos valores observados de P. Observa-se que a quantidade de P liberada do compartimento lábil da torta de tungue em condições de campo sofreu pouca variação em função da época, do ambiente e do tamanho de bolsas, situando-se o tempo de meia vida entre 7 e 8 dias. Os tempos de meia vida observados neste trabalho para as tortas de mamona e de tungue, são semelhantes aos apresentados em trabalhos realizados com as leguminosas ervilhaca, 6,5 dias, e soja, 7 dias (GIACOMINI et al., 2003; PADOVAN et al., 2006). De maneira geral, os resíduos

dispostos nas diferentes condições obtiveram tempo de meia vida semelhante aos encontrados por Cruz (2009) com milho, 11 dias, e trevo branco e arroz, de 10 dias.

Tabela 18. Parâmetros do modelo ajustado aos valores observados de fósforo (P), tempo de meia vida ($T_{1/2}$) de P do compartimento lábil e valores de R^2 para os resíduos. Pelotas, RS, 2013. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Resíduo	ka	T _{1/2}	R ²
	---dias ⁻¹ ---	---dias ---	
Outono - bolsas grandes			
MAP	0,0697	10	0,9740
MCC	0,0488	14	0,9625
TAP	0,0558	12	0,9780
TCC	0,1017	7	0,8943
Outono - bolsas pequenas			
MAP	0,0550	13	0,8938
MCC	0,0389	18	0,9751
TAP	0,1302	5	0,9907
TCC	0,0818	8	0,9934
Primavera - bolsas grandes			
MAP	0,0536	13	0,9735
MCC	0,1129	6	0,9756
TAP	0,1564	4	0,9785
TCC	0,0856	8	0,9567
Primavera - bolsas pequenas			
MAP	0,0435	16	0,9478
MCC	0,0644	11	0,9737
TAP	0,0486	14	0,9945
TCC	0,0827	8	0,9766

MAP – torta de mamona em ambiente protegido; MCC torta de mamona em condições de campo; TAP – torta de tungue em ambiente protegido; TCC – torta de tungue em condições de campo.

Bolsas grandes de decomposição 0,20 x 0,20 m; bolsa pequena de decomposição – 0,15 x 0,07 m.

ka – taxa constante de liberação; $T_{1/2}$ – tempo de meia vida; R^2 - coeficiente de correlação.

Para a torta de mamona observa-se maior variação do tempo de meia vida em condições de campo e nas bolsas grandes, onde no outono foi de 14 dias e na primavera de 6 dias. A variação do tempo de meia vida dos resíduos possivelmente está relacionada às variações das condições climáticas da época e da ação dos organismos decompositores (SAVIOZZI et al., 1997; MOREIRA, 2008). Carpin et al. (2008) encontraram na fitomassa do milho uma fração do P potencialmente liberado com um $T_{1/2}$ de 48 dias, e Boer et al. (2007), na mesma área experimental, encontraram $T_{1/2}$ de 92 dias para o milho, confirmando que a espécie, quantidade

do nutriente acumulada na fitomassa e fatores climáticos têm interferência direta na liberação de P.

Apesar do percentual de P ser baixo nas tortas de mamona e de tungue (Tab. 3, Capítulo I), esse nutriente é pouco perdido em processos de erosão e lixiviação. Praticamente todo o P liberado aos sistemas poderá ser aproveitado pelas plantas após a sua mineralização (TROEN; THOMPSON, 2007), o que justifica a utilização desses resíduos como fonte complementar de P.

3.3 Liberação de K

A principal forma de potássio no solo é a mineral, chamada de K estrutural dos minerais, existindo também o K-fixado ou não trocável, o K-fertilizante que alimenta o compartimento K-trocável e o K-solução que é a forma absorvida pelas plantas (PRADO, 2007). Na matéria orgânica do solo está presente o K trocável. Na decomposição de materiais orgânicos é liberado K para a solução do solo, onde poderá ser absorvido pelas plantas na forma de íons K^+ (MALAVOLTA, 2006). A fixação de K (movimento de íon de potássio para as estruturas minerais ou orgânicas) e a capacidade de troca de cátions são mecanismos eficientes de armazenamento que reduzem a lixiviação de potássio na maioria dos solos (TROEN; THOMPSON, 2007). O potássio é necessário para a formação dos açúcares nas folhas e para o seu transporte para outros órgãos, como frutos, grãos e tubérculos (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997), e chega a ser três ou quatro vezes mais acumulado nos tecidos vegetais do que o P (TORRES; PEREIRA, 2008).

A porcentagem de liberação de K (Fig. 8) apresentou uma cinética de liberação bastante distinta entre os resíduos dispostos a campo e em ambiente protegido. A campo, a liberação de K aconteceu de forma rápida, com cerca de 60% ou mais mineralizado, até os 21 DAD, para a torta de mamona e de tungue. Em ambiente protegido, observou-se liberação de K superior a 50% apenas da torta de tungue, no outono, quando acondicionada em bolsas grandes. A precipitação ocorrida nas épocas de realização dos estudos, em condições de campo, pode ter contribuído para maior mineralização do K, pois esse nutriente não é um

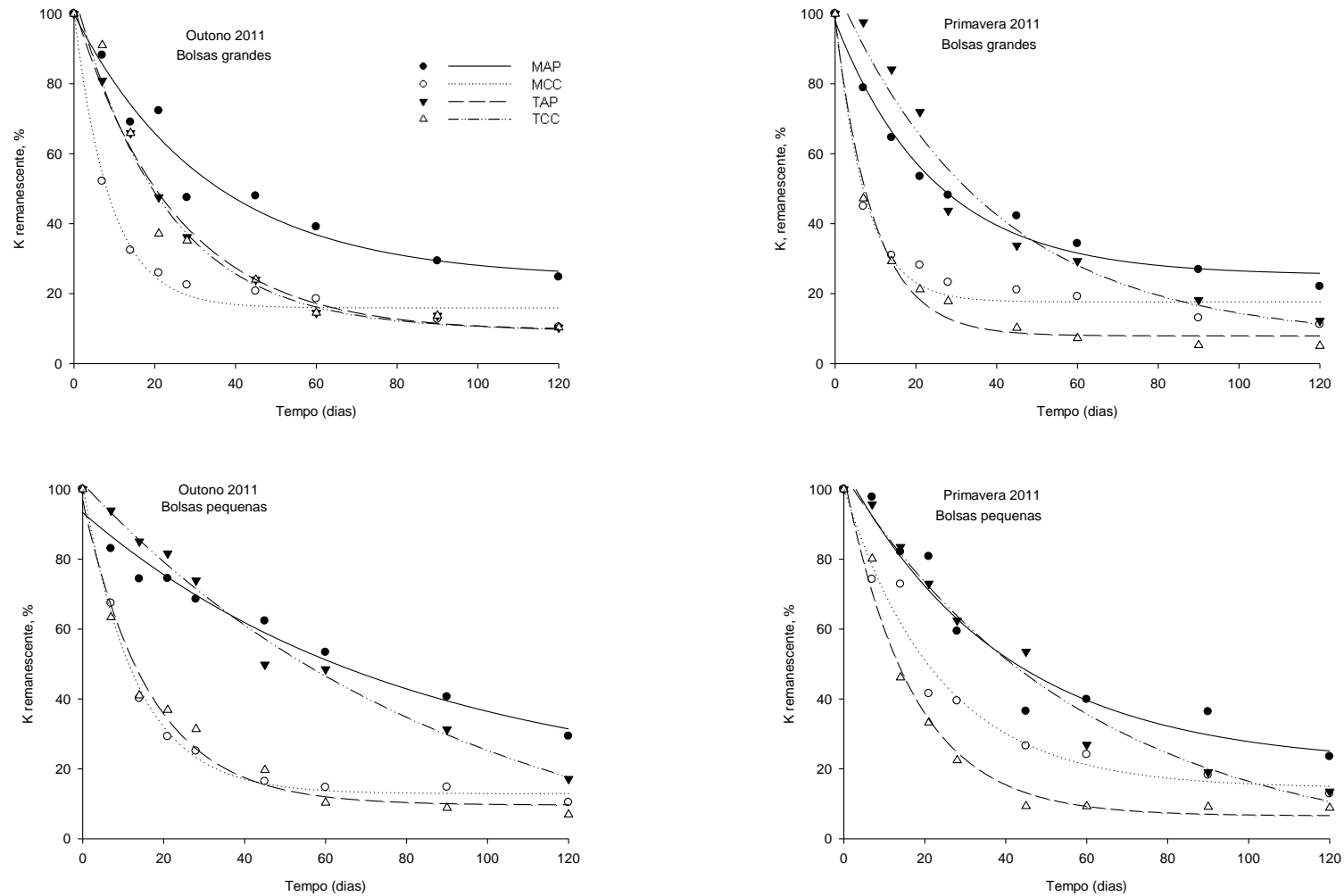


Figura 8. Percentual de potássio (K) remanescente das tortas de mamona e de tungue, dias após a disposição das bolsas, em duas épocas de estudo, outono e primavera 2011, sendo MCC – torta de mamona em condições de campo; MAP – torta de mamona em ambiente protegido; TCC torta de tungue em condições de campo; TAP – torta de tungue em ambiente protegido; bolsas grandes de decomposição – 0,20 x 0,20 m; bolsas pequenas de decomposição – 0,15 x 0,07 m. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

componente da estrutura do tecido vegetal e pode ser rapidamente extraído, liberado e lixiviado (MARSCHNER, 1995; BOER, 2007; SCHOMBERG; STEINER, 1999). O controle de umidade em ambiente protegido pode ter influenciado na menor taxa de mineralização do K. As condições de cada ambiente possivelmente influenciaram nos resultados obtidos neste estudo, pois o ambiente é um dos aspectos de maior interferência na decomposição de resíduos e liberação de nutrientes (MOREIRA, 2008).

De forma geral, em relação ao tamanho das bolsas de acondicionamento, a liberação de K seguiu a mesma tendência observada para o N e o P, sendo maior a liberação nas bolsas grandes.

No outono, aos 21 DAD, 75% do K da torta de mamona em condições de campo e em bolsas grandes havia sido liberada. Em ambiente protegido a liberação foi praticamente inversa, com 77% do K retido no material. Na primavera, a liberação de K da torta de tungue em condições de campo, independente do tamanho de bolsas, foi mais rápida do que para a torta de mamona, contrariando a tendência observada anteriormente para os outros nutrientes. Esses dados podem indicar a existência, na torta de tungue, de uma fração maior sujeita a extração pela ação da água.

Ao final o estudo, 120 DAD, assim como ocorrera com o nitrogênio e o fósforo, grande parte do potássio havia sido liberada o que indica que estaria apta a ser assimilada pelas plantas em crescimento. Aos 120 DAD, na safra de outono, em torno de 90% do K da torta de mamona e de tungue, em condições de campo, havia sido liberada. Boer et al. (2007), observaram maior liberação de K até os 30 dias com plantas de cobertura e, relacionaram este fato, a forma como o nutriente é facilmente extraído do tecido vegetal. Estes autores também observaram que o K foi o nutriente mais rapidamente mineralizado em estudo com amaranto, milho e capim-pé-de-galinha. Giacomini et al. (2003), constataram que a taxa de liberação de K foi 4,5 vezes maior que a observada para o P da aveia. Estes resultados assemelham-se aos dados encontrados neste estudo de análise de liberação do K das tortas de mamona e de tungue.

Em condições de campo e acondicionadas em bolsas grandes, o tempo de meia vida do K da torta de mamona, variou entre 5 e 6 dias, e, para a torta de tungue, nas mesmas condições, variou entre 7 a 15 dias (Tab. 19). Resultados semelhantes aos observados para a torta de mamona foram relatados por Cruz (2009), para soja, e por Giacomini (2003), para resíduos de aveia.

Em ambiente protegido o tempo de meia vida, de maneira geral, foi maior, comparativamente aos das variáveis anteriormente estudadas, para os dois materiais. Estes resultados estão de acordo com os observados para a curva de mineralização, onde a liberação de K em condições de campo foi superior à verificada em ambiente protegido.

Tabela 19. Parâmetros do modelo ajustado aos valores observados de potássio (K), tempo de meia vida ($T_{1/2}$) de K do compartimento lábil e valores de R^2 para os resíduos. Pelotas, RS, 2013. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Resíduo	ka ---dias ⁻¹ ---	$T_{1/2}$ ---dias ---	R^2
Outono - bolsas grandes			
MAP	0,0300	23	0,9628
MCC	0,1124	6	0,9869
TAP	0,0407	17	0,9762
TCC	0,0449	15	9,6421
Outono - bolsas pequenas			
MAP	0,0126	55	0,9685
MCC	0,0766	9	0,9953
TAP	0,0108	64	0,9880
TCC	0,0604	11	0,9827
Primavera - bolsas grandes			
MAP	0,0406	17	0,9871
MCC	0,1354	5	0,9761
TAP	0,0261	27	0,9613
TCC	0,1035	7	0,9873
Primavera - bolsas pequenas			
MAP	0,0254	27	0,9466
MCC	0,0426	16	0,9694
TAP	0,0168	41	0,9807
TCC	0,0600	12	0,9845

MAP – torta de mamona em ambiente protegido; MCC torta de mamona em condições de campo; TAP – torta de tungue em ambiente protegido; TCC – torta de tungue em condições de campo. Bolsas grandes de decomposição 0,20 x 0,20 m; bolsa pequena de decomposição – 0,15 x 0,07 m. ka – taxa constante de liberação; $T_{1/2}$ – tempo de meia vida; R^2 - coeficiente de correlação.

Torres e Pereira (2008) relacionam condições climáticas como a precipitação e temperatura com a decomposição e liberação de K. No entanto, estes autores consideram que maiores volumes de precipitação não necessariamente estão vinculados a menores tempos de meia vida, pois verificaram variações entre as espécies, com exceção das plantas de cobertura (crotalária, aveia e braquiária), o milheto, o sorgo e o guandu tiveram a maior constante de liberação de K e o menor tempo de meia vida em período de menor precipitação.

A rápida liberação de K também está de acordo com os valores encontrados por Da Ros (1993) e Schomberg e Steiner (1999). A elevada taxa de mineralização e rápida liberação do K podem ser atribuídas ao fato desse elemento, como já foi mencionado não fazer parte dos compostos orgânicos da planta, não tendo, portanto, função estrutural (MARSCHER, 1995; PRADO, 2008). Schomberg e Steiner (1999) atribuem a mecanismos físicos, como a precipitação, e químicos, como a composição e qualidade dos resíduos, à condição de liberação do K, e que, em decorrência da rápida liberação, parte do nutriente pode ser perdida por lixiviação.

3.4 Liberação de Ca

Mesmo que a principal fonte de cálcio sejam os minerais das rochas sedimentares, eruptivas e metamórficas (BAYER, 1996), o nutriente pode ser encontrado, ainda que em menor quantidade, nos resíduos orgânicos vegetais e animais, que potencialmente podem ser usados como adubos em sistemas de produção de base ecológica. Segundo Malavolta (2006), a quantidade de cálcio na matéria orgânica, que pode ser mineralizada, varia em função do material de origem, das condições de clima e das práticas culturais.

O comportamento da liberação do cálcio (Ca) (Fig. 9) apresentou-se semelhante ao observado para o N, P e K no início do processo. Ao final do estudo a concentração de Ca no material remanescente mostrou-se maior comparativamente à verificada nos nutrientes anteriormente analisados. Este comportamento deve-se, provavelmente, ao fato do Ca ser um constituinte da lamela média das paredes celulares (TAIZ; ZEIGER, 2004), cujas estruturas geralmente são mais recalcitrantes

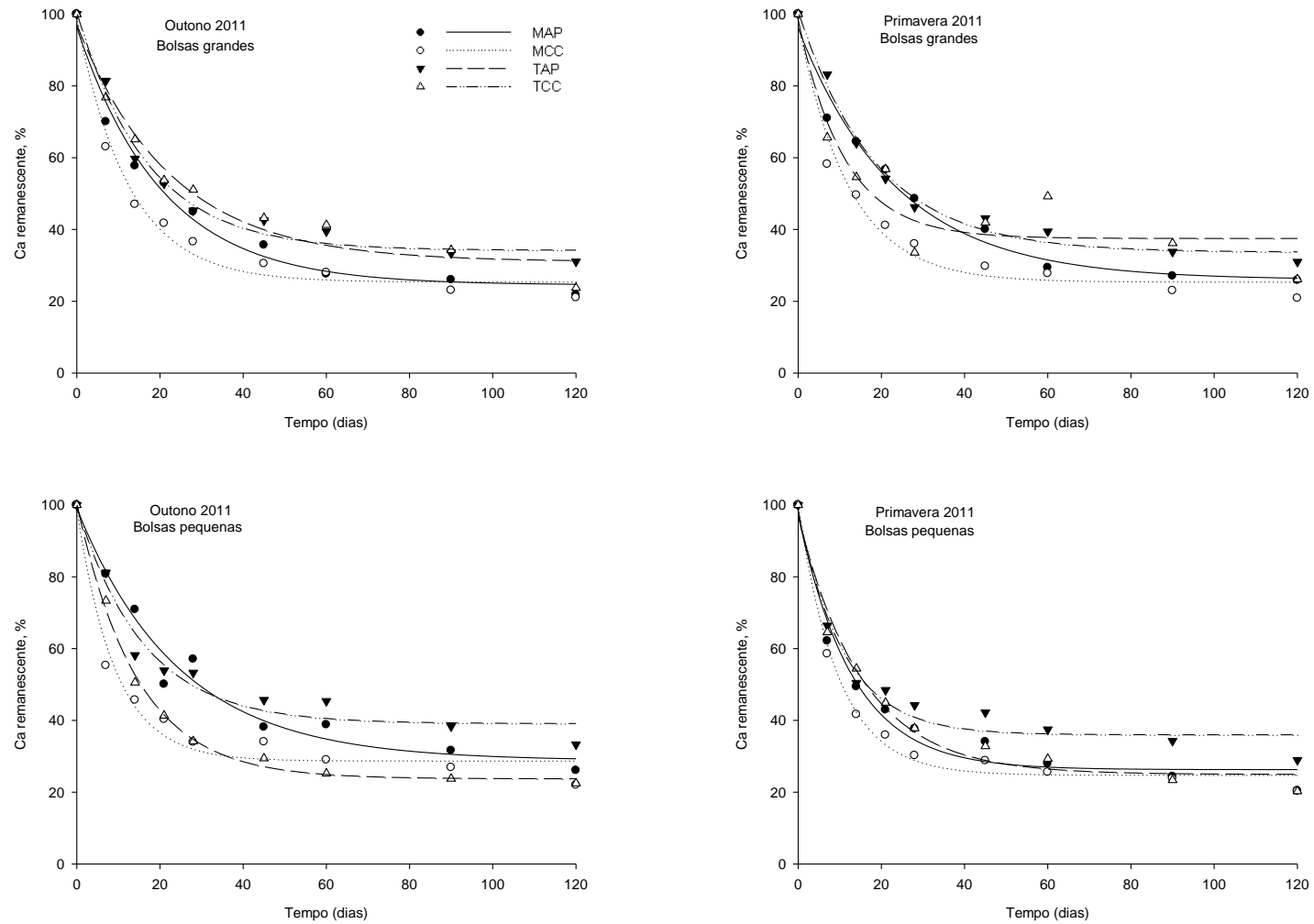


Figura 9 - Porcentagem de cálcio (Ca) remanescente das tortas de mamona e de tungue, dias após a disposição das bolsas, em duas épocas de estudo, outono e primavera 2011, sendo MCC – torta de mamona em condições de campo; MAP – torta de mamona em ambiente protegido; TCC torta de tungue em condições de campo; TAP – torta de tungue em ambiente protegido; bolsas grandes de decomposição – 0,20 x 0,20 m; bolsas pequenas de decomposição – 0,15 x 0,07 m. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

ao ataque microbiano, o que determina maior dificuldade para sua liberação ao solo (CARPIM, et al., 2008).

De forma geral quanto à época, material, ambiente e tamanho de bolsa, a liberação do Ca seguiu a mesma tendência observada para o N e o P. Na primavera, em média, houve maior liberação do nutriente. Maior liberação do Ca foi observada na torta de mamona comparativamente à torta de tungue, assim como, de maneira geral, observou-se maior liberação nos materiais acondicionados em bolsas grandes e nas condições de campo.

Aos 28 DAD nos resíduos da torta de mamona e de tungue mais de 50% do Ca já havia sido liberado na primavera e mais de 40% no outono, tanto em condições de campo como em ambiente protegido, independente do tamanho de bolsas.

Ao final do estudo, aos 120 DAD, nas duas épocas analisadas, entre 74 e 80% do Ca dos dois resíduos colocados em bolsas grandes havia sido liberado em condições de campo, e entre 70 e 79% em ambiente protegido. Nas bolsas pequenas observou-se liberação em torno de 80% para ambos os materiais em condições de campo e, entre 67 e 80% em ambiente protegido.

O menor tempo de meia vida para o resíduo torta de mamona observou-se em condições de campo acondicionada nas bolsas pequenas, sendo de 6 e 7 dias, respectivamente, para as épocas de outono e primavera (Tab. 20). Acondicionados em bolsas grandes e em condições de campo, da mesma forma, não houve grande variação entre os tempos de meia vida para a torta de mamona, sendo de 8-9 dias, no outono e primavera, respectivamente. No entanto, para a torta de tungue acondicionado nas bolsas maiores em condições de campo, no outono o tempo de meia vida a campo foi o dobro do verificado na primavera.

De maneira geral, em condições de campo, o tempo de meia vida do Ca da torta de tungue foi maior quando comparado ao da torta de mamona. Boer et al. (2007) verificaram a liberação de Ca do compartimento lábil em um tempo de meia vida de 74 dias para os resíduos culturais de milho. Para resíduos da mesma espécie, Carpim et al. (2008), encontraram tempo de meia vida de Ca de 49 dias. Cruz (2009) descreve tempo de meia vida de 3 dias para o Ca do azevém, e de 14

dias para a soja. Esta diferença entre os dados demonstra que, a liberação de Ca está diretamente relacionada à espécie em estudo, o que determina o teor e forma como o elemento é encontrado no tecido vegetal.

Como a concepção da agricultura de base ecológica é de reorganização do agroecossistema visando seu equilíbrio, mesmo que o fornecimento de Ca pelos resíduos seja baixo, é provável que a liberação dos nutrientes seja capaz de promover benefícios para o solo, desde que, os solos não estejam com acidez elevada, onde o Ca possa ser limitante. Segundo Bissani et al. (2008) em solos onde há correção de acidez, o Ca está presente em quantidades até superiores às demandas pelas plantas.

Tabela 20. Parâmetros do modelo ajustado aos valores observados de cálcio (Ca), tempo de meia vida ($T_{1/2}$) de Ca do compartimento lábil e valores de R^2 para os resíduos. Pelotas, RS, 2013. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Resíduo	ka	T _{1/2}	R ²
	---dias ⁻¹ ---	---dias ---	
Outono - bolsas grandes			
MAP	0,0489	14	0,9832
MCC	0,0802	9	0,9835
TAP	0,0594	12	0,9853
TCC	0,0446	16	0,9693
Outono - bolsas pequenas			
MAP	0,0410	17	0,9703
MCC	0,1095	6	0,9696
TAP	0,0625	11	0,9643
TCC	0,0696	10	0,9967
Primavera - bolsas grandes			
MAP	0,0424	16	0,9815
MCC	0,0822	8	0,9744
TAP	0,0533	13	0,9885
TCC	0,0898	8	0,8778
Primavera - bolsas pequenas			
MAP	0,0768	9	0,9739
MCC	0,1038	7	0,9906
TAP	0,0913	8	0,9674
TCC	0,0648	11	0,9800

MAP – torta de mamona em ambiente protegido; MCC torta de mamona em condições de campo; TAP – torta de tungue em ambiente protegido; TCC – torta de tungue em condições de campo.

Bolsas grandes de decomposição 0,20 x 0,20 m; bolsa pequena de decomposição – 0,15 x 0,07 m.

ka – taxa constante de liberação; $T_{1/2}$ – tempo de meia vida; R^2 - coeficiente de correlação.

3.5 Liberação de Mg

Assim como os demais nutrientes analisados, observou-se rápida liberação inicial do Mg até os 28 DAD, seguindo de liberação mais lenta até o final do estudo. De maneira geral, observou-se maior liberação do Mg dos resíduos dispostos a campo e em bolsas maiores (Fig. 10).

Aos 28 DAD nos resíduos da torta de mamona e de tungue mais de 70% do Mg havia sido liberado no outono e em torno de 60% na primavera, em condições de campo e acondicionados em bolsas maiores. Em ambiente protegido, observou-se liberação entre 45 e 50% do Mg da torta de tungue, e, entre 55 e 70% da torta de mamona, ambas acondicionadas em bolsas maiores.

Aos 120 DAD, nas duas épocas analisadas, em torno de 88% do Mg dos dois resíduos dispostos nas bolsas maiores havia sido liberado em condições de campo. Comportamento semelhante observou-se para a torta de mamona em ambiente protegido. Para a torta de tungue em ambiente protegido, observou-se menor liberação do Mg, entre 75 e 80%. Nas bolsas menores o percentual remanescente para os dois resíduos, situou-se entre 18 e 26%.

Observou-se menor tempo de meia vida, 5 dias, na torta de tungue em condições de campo e acondicionada em bolsas maiores, seguindo-se a torta de mamona, com 8 dias, nas mesmas condições (Tab. 21).

O maior tempo de meia vida, 20 dias, observou-se para a torta de tungue em ambiente protegido na primavera, no material acondicionado nas bolsas grandes. Diferentes tempos de meia vida ($T_{1/2}$) para o Mg foram observados para distintas espécies, como 9 e 20 dias para a soja (CRUZ, 2009; PADOVAN et al., 2006), 31 dias para o amaranto (BOER et al., 2007), 41 dias para o milho e para o arroz (CARPIM et al., 2008; CRUZ, 2009). Estas diferenças revelam que a liberação de Mg está relacionada com a espécie cultural e o teor do nutriente.

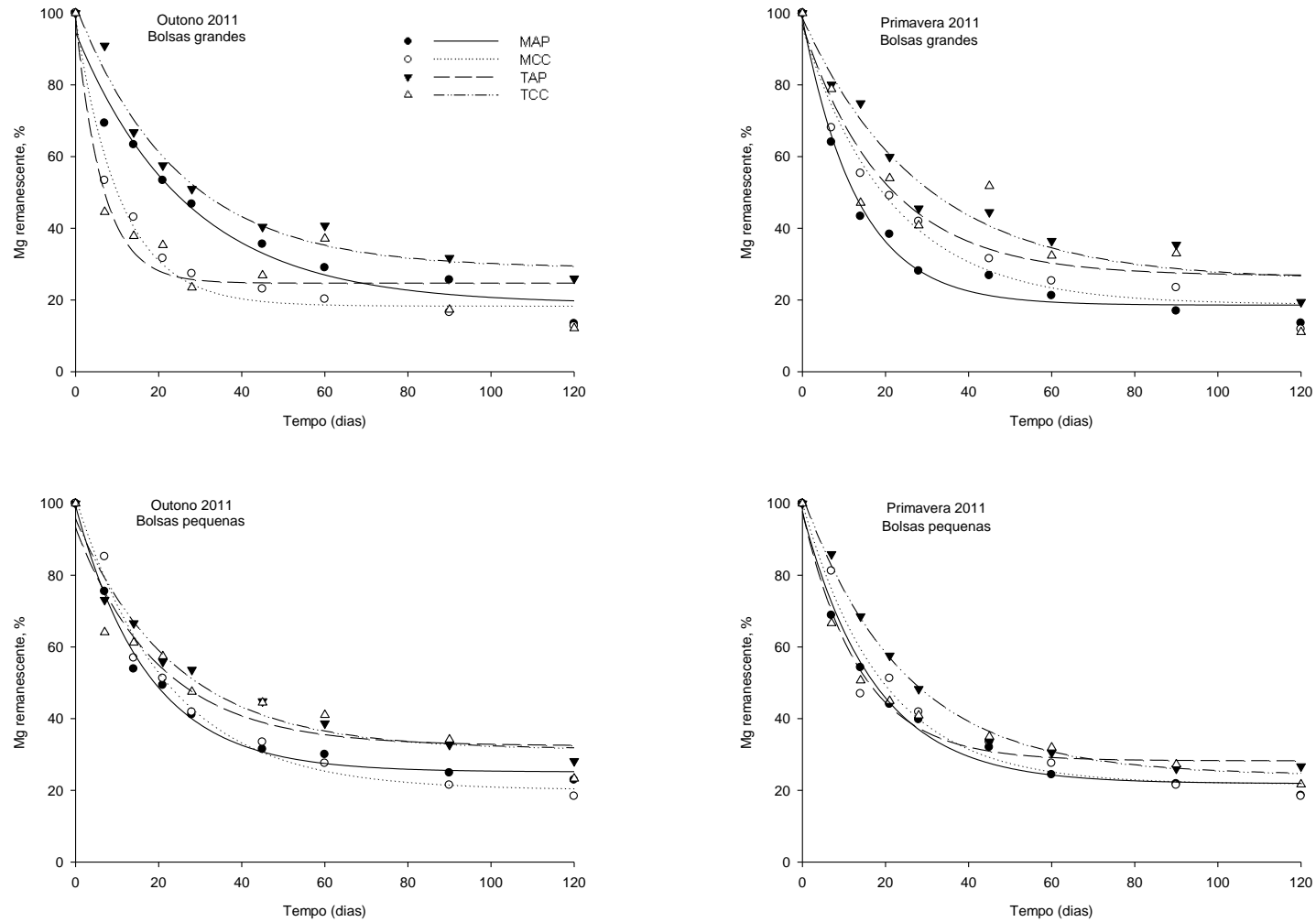


Figura 10. Porcentagem de magnésio (Mg) remanescente das tortas de mamona e de tungue, dias após a disposição das bolsas, em duas épocas de estudo, outono e primavera 2011, sendo MCC – torta de mamona em condições de campo; MAP – torta de mamona em ambiente protegido; TCC torta de tungue em condições de campo; TAP – torta de tungue em ambiente protegido; bolsas grandes de decomposição – 0,20 x 0,20 m; bolsas pequenas de decomposição – 0,15 x 0,07 m. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Tabela 21. Parâmetros do modelo ajustado aos valores observados de magnésio (Mg), tempo de meia vida ($T_{1/2}$) de Mg do compartimento lábil e valores de R^2 para os resíduos. Pelotas, RS, 2013. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Resíduo	ka	T _{1/2}	R ²
	---dias ⁻¹ ---	---dias ---	
Outono - bolsas grandes			
MAP	0,0373	19	0,9715
MCC	0,0922	8	0,9796
TAP	0,0408	17	0,9780
TCC	0,1537	5	0,9086
Outono - bolsas pequenas			
MAP	0,0575	12	0,9927
MCC	0,0457	15	0,9854
TAP	0,0423	16	0,9757
TCC	0,0497	14	0,9136
Primavera - bolsas grandes			
MAP	0,0754	9	0,9855
MCC	0,0468	15	0,9733
TAP	0,0351	20	0,9617
TCC	0,0500	14	0,8487
Primavera - bolsas pequenas			
MAP	0,0576	12	0,9891
MCC	0,0523	13	0,9613
TAP	0,0413	17	0,9952
TCC	0,0727	10	0,9766

MAP – torta de mamona em ambiente protegido; MCC torta de mamona em condições de campo; TAP – torta de tungue em ambiente protegido; TCC – torta de tungue em condições de campo.

Bolsas grandes de decomposição 0,20 x 0,20 m; bolsa pequena de decomposição – 0,15 x 0,07 m.

ka – taxa constante de liberação; $T_{1/2}$ – tempo de meia vida; R^2 - coeficiente de correlação.

4.CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo permitem as seguintes conclusões:

As tortas de mamona e de tungue apresentam alto potencial para liberação de nutrientes às culturas.

As tortas de mamona e de tungue apresentam duas fases distintas de decomposição e liberação de nutrientes; sendo uma rápida, no início da disposição do material, até os 21 dias, e outra mais lenta, após este período.

Em períodos de temperatura mais elevada, mantendo-se a umidade de solo, a mineralização das tortas se processa mais rapidamente.

Em condições de campo há uma maior taxa de liberação de nutrientes em comparação aos resíduos mantidos em ambiente protegido.

Os dados referentes às taxas de mineralização de resíduos orgânicos são influenciados pela área de exposição em que estão dispostos no solo.

DISCUSSÃO GERAL

De maneira geral, os resultados obtidos neste estudo, demonstram que os materiais utilizados como fonte de adubação orgânica apresentam potencial para equiparar-se, em termos de produtividade, aos fertilizantes usados nos sistemas convencionais de produção de batata no estado do Rio Grande do Sul e a outros fertilizantes em uso nos sistemas orgânicos de produção de batata.

Neste trabalho o maior rendimento de tubérculos, com a utilização de tortas de mamona e de tungue como adubação, observou-se na safra de primavera 2011, onde, obtiveram-se 17.049 e 15.863 kg ha⁻¹ com 100% da recomendação para adubação com as tortas de mamona e de tungue, respectivamente. Nos experimentos onde se utilizou adubação a 100% da recomendação das tortas de mamona e de tungue, não se observou diferença significativa nos resultados de rendimento, em comparação com a adubação convencional.

Os menores rendimentos foram observados nos tratamentos onde se aplicou a maior dosagem das tortas, 200% da recomendação. Nestes tratamentos, observou-se menor população de plantas nos quatro experimentos realizados. O menor rendimento revelou-se estar associado ao menor estande de plantas, com correlação positiva de 0,65, 0,62, 0,74 e 0,52 entre o estande final de plantas e o rendimento dos tubérculos, nas safras de primavera 2010, outono 2011, primavera 2011 e outono 2012, respectivamente.

Observou-se tendência de melhores resultados nas safras de primavera comparativamente às safras de outono. Climatologicamente, as duas épocas são contrastantes, enquanto a safra de primavera é caracterizada por fotoperíodo, temperatura e radiação crescentes, na safra de outono ocorre o inverso. Como o fotoperíodo e a radiação são fatores fundamentais no desenvolvimento da cultura da batata, os resultados obtidos estão dentro da expectativa de serem alcançados rendimentos maiores nas safras de primavera em relação às de outono.

De maneira geral, no estudo realizado, os tubérculos apresentaram danos causados por insetos de solo, especialmente aqueles provocados por *D. speciosa*. Os danos foram mais pronunciados nas safras de primavera. Nas safras de outono a incidência de dano foi menor, especialmente em 2012. Na safra de primavera 2010, observou-se menor incidência de danos nos tubérculos dos tratamentos que receberam adubação com as tortas de mamona e de tungue a 50 e 100% da recomendação. Na safra de primavera 2011, danos menores foram observados nos tratamentos onde se utilizou torta de mamona nas dosagens de 50 e 100% e de tungue a 200% da recomendação. Nas safras de outono não houve diferença significativa entre os tratamentos. Menor incidência de danos em tubérculos causados por insetos de solo é esperada nas safras de outono, pois a presença destes insetos é menor em função das condições climatológicas predominantes.

De maneira geral, no estudo realizado, não se observou mudanças sobre as propriedades químicas do solo analisadas após a utilização das tortas de mamona e de tungue. Observou-se diferença significativa no teor de matéria orgânica apenas na safra de outono 2011, com a utilização de torta de tungue a 200% da recomendação (TT200%). A CTC_{pH7} , da safra primavera 2010 e de outono 2012, mostrou pequena alteração quando o solo recebeu torta de tungue com o dobro da recomendação (TT200%), entretanto não se pode concluir que há tendência na elevação da CTC com a utilização da torta de tungue nesta dosagem.

As dosagens capazes de provocar efeitos nas propriedades químicas do solo, em curto prazo, são as mais elevadas, 200% da recomendação, tanto para a torta de mamona como para a torta de tungue. No entanto, estas dosagens foram nocivas à germinação dos tubérculos. As dosagens que proporcionaram maior

rendimento de tubérculos não apresentaram alterações nas propriedades químicas do solo.

Com relação à decomposição dos resíduos, observou-se que a torta de mamona decompõe-se com maior rapidez do que a torta de tungue, possivelmente esta diferença está relacionada às concentrações dos nutrientes nas frações solúveis em água, ao percentual de N e à relação C/N do material. Observou-se também que os resíduos dispostos a campo decompõem-se mais rapidamente que em ambiente protegido, assim como o material colocado em bolsas maiores. Embora o solo utilizado tenha sido o mesmo para os dois ambientes, este comportamento possivelmente está relacionado à maior presença de organismos decompositores, sobretudo a macrofauna, a campo comparativamente ao ambiente protegido onde a decomposição estava limitada à presença de organismos no vaso onde estavam os resíduos. Nas bolsas menores, onde os resíduos ficaram mais concentrados, a taxa de decomposição ao longo do tempo foi menor do que nas bolsas maiores.

As tortas de mamona e de tungue apresentam duas fases distintas de decomposição e liberação de nutrientes, sendo uma rápida, no início, até 15 a 21 dias de disposição do material, e outra mais lenta, após este período. Ao final dos 120 dias após a disposição dos materiais, em torno de 70% da torta de mamona havia sido decomposta e entre 40 e 50% da torta de tungue. De maneira geral, a mesma relação se estabeleceu para a liberação de nutrientes, onde se observou maior liberação dos nutrientes da torta de mamona comparativamente à torta de tungue. Estas observações são importantes para o planejamento da utilização destes resíduos nos sistemas de produção de base ecológica. Os nutrientes contidos na torta de mamona são disponibilizados em curto prazo, o que permite sua recomendação até mesmo para cultivos de ciclo mais rápidos. Verificou-se que a torta de tungue decompõe-se e libera os nutrientes em tempo maior. Pode-se inferir que há um efeito residual da torta de tungue, onde uma parcela dos nutrientes contidos nesse material poderá ser utilizada pelos cultivos subsequentes.

Para a utilização das tortas de mamona e de tungue como adubo orgânico, deve-se levar em conta a cultura, o ciclo desta e o período de maior necessidade de nutrientes. No caso da batata, considerando os dados de liberação de nutrientes das tortas e o período de maior necessidade de nutrientes pela cultura, que é o período

de tuberização, o mais indicado é a utilização das tortas, ou parte destas, em cobertura, podendo ser aplicadas no momento da amontoa.

Os resíduos estudados apresentam potencial para uso em sistemas de produção de base ecológica. Entretanto, pelo comportamento observado na decomposição e liberação de nutrientes destes resíduos é importante a realização de estudo em culturas com diferentes necessidades nutricionais para ser observado seu efeito e assim poder fazer recomendações para cultivos importantes na agricultura brasileira.

CONCLUSÕES GERAIS

As tortas de mamona e de tungue possuem potencial para uso com adubo orgânico em sistemas de produção de base ecológica.

A utilização das tortas de mamona e de tungue na dosagem de 100% possibilitou a maior produtividade no cultivo da batata em sistemas de produção de base ecológica.

A utilização de altas doses de tortas de mamona e de tungue não são recomendadas, visto que apresentam efeito deletério sobre a germinação de tubérculos e conseqüentemente sobre a produtividade da batata.

Não se observou efeito sobre o controle de insetos de solos causadores de danos aos tubérculos, com a utilização das dosagens das tortas que proporcionaram os melhores resultados de produtividade.

As tortas de mamona e de tungue, aplicadas nas dosagens que possibilitaram maior rendimento de tubérculos, não proporcionaram alterações nas propriedades químicas do solo durante o ciclo de cultivo da batata.

Resíduos de torta de mamona decompõem-se com maior rapidez do que resíduos de torta de tungue, no entanto ambos os materiais apresentam grande potencial para uso como adubos orgânicos em sistemas de produção de base ecológica.

Em condições de campo os resíduos decompõem-se mais rapidamente

comparativamente aos resíduos dispostos em ambiente protegido.

As tortas de mamona e de tungue apresentam duas fases distintas de decomposição e liberação de nutrientes; sendo uma rápida, até os 15 a 21 dias de disposição, e outra mais lenta, após este período.

REFERÊNCIAS

- AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; CONÇALVES, C. N.; DA ROS, C. O. Plantas de cobertura do solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.157-165, 2001.
- AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.4, p.601-612, 2003.
- AITA, C.; CHIAPENOTTO, I. C.; GIACOMINI, S. J.; HÜBNER, A.P.; MARQUES, M.G. Decomposição de palha de aveia preta e dejetos de suínos em solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.149-161, 2006.
- ALCÂNTARA, F. A. de. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo vermelho escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000.
- ALFAIA, A. C. R. **Uso associado de esterco líquido de suínos e plantas de cobertura de solo na cultura do milho**. 2000. 144f. Dissertação (Mestrado e Ciência do Solo)-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- ALTIEIRI, M. **Agroecologia – a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. Editora da Universidade, Porto Alegre, 1998, 110p.
- ALTIERI, M. **Agroecologia - bases científicas para uma agricultura sustentável**. Editora Agropecuária, Porto Alegre, 2002, 292p.
- ALVARENGA, R. C.; LARA CABEZAS, W. A.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. Plantas de cobertura de solo para sistema de plantio direto. **Informe Agropecuário**, n. 22, p.25-36, 2001.

AMADO, T. J. C.; SANTI, A.; ACOSTA, J. A. A. Adubação nitrogenada na aveia preta. II – influência na decomposição de resíduos, liberação de nitrogênio e rendimento de milho sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n.6, p.1085-1096, 2003;

ANDREU, M. A. Associação entre características agronômicas da batata nos plantio de primavera e outono no Rio Grande do Sul. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.5, p.925-929, 2005.

AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. FNP Consultoria e Agroinformativos, p. 189-196. 2012.

AZEVEDO, D. M. P.; SPEHAR, C. R. **Decomposição da palhada de culturas para plantio no período de safrinha em solos de tabuleiros costeiros**. (Comunicado Técnico 147). Embrapa. Terezina, 2002.

BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos**. 1996, 240f. Tese (Doutorado em Ciências do solo)-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.21, p.105-112, 1997.

BELTRÃO, N. E. de M. **Torta de mamona (*Ricinus communis*): fertilizante e alimento**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2002. 6p. (Comunicado Técnico, 171).

BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F. A. O.; TEDESCO, M. J. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2 ed. Metrópole, Porto Alegre, 2008.344p.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; FILHO, A. C.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.1269-1276, 2007.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. L.; FILHO, A. C.; PIRES, F. R. Biomassa, decomposição e cobertura do solo ocasionada por resíduos culturais de três espécies vegetais na Região Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.843-851, 2008.

BONINE, D. P. **Suscetibilidade de cultivares de batata (*Solanum tuberosum*, L.) à *Diabrotica speciosa* (Germ.) (Coleóptera: Chrysomelidae) e ocorrência de outras pragas subterrâneas.** 1997. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)– Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

BRADY, N. C.; **Natureza e propriedades dos solos.** Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989, 878p.

BRITO, N. M.; CHIERICE, G. O. Estudo da mobilidade de ricina e ricinina provenientes da torta de mamona (*ricinus communis*) empregada como fertilizante de solo. *ACTA Tecnológica*, v. 6, p. 60-63, 2011.

BRITO, O. R.; VENDRAME, P. R.; BRITO, R. M. Alterações das propriedades químicas de um latossolo vermelho distroférico submetido a tratamentos com resíduos orgânicos. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n1, p.33-40, 2005.

BUSATO, C. **Características da planta, teores de nitrogênio na folha e produtividade de tubérculos de cultivares de batata em função de doses de nitrogênio.** 2007. 129p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CAETANO, L. C. S; CARVALHO, A. J. C. Efeito da adubação com boro e esterco bovino sobre a produtividade da figueira e a propriedades químicas do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n4, p.1150-1155, 2006.

CALEGARI, A.; FERRO, M.; GRZESIUK, F.; JACINTO JUNIOR, L. **Plantio direto e rotação de culturas: experiência em Latossolo Roxo.** 1985-1992. Paraná, COCAMAR/ZENECA Agrícola, 1992, 64p.

CALEGARI, A.; MONARDO, A.; BULISANI, E. A.; COSTA, M. B. B.; MIYSAKA, S.; AMADO, T. J. C. Aspectos gerais da adubação verde. In.: COSTA, M. B. B; CALEGARI, A.; MONARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDER, L. P.; ALCÂNTARA, P.

B.; MIYSAKA, S.; AMADO, T. J. C. **Adubação verde no sul do Brasil**. 2ed. Rio de Janeiro, ASPTA, 1993.

CAMARGO, F. O.; SANTOS, G. A.; GUERRA, J. G. M. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G. A. CAMARGO, F. A. O. (ed). **Fundamentos da matéria orgânica do solo – ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999, p.27-39.

CAMPOS, F. F. **O mercado de alimentos orgânicos certificados no Estado do Rio de Janeiro: o caso dos FVL (Frutas, legumes e verduras) *in natura***. Rio de Janeiro: IFOAM, 2000. Disponível em: <http://www.planetaorganico.com.br/trabfern.htm>>. Acesso em: 02 set. 2010.

CAPORAL, F. R. **Em defesa de um plano nacional de transição agroecológica: compromisso com as atuais e nosso legado com as futuras gerações**. Brasília, 2008, 35p.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Análise multidimensional da Sustentabilidade: uma proposta metodológica a partir da Agroecologia. **Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v.3, n3, p.70-85, 2002.

CARDOSO, A. D.; ALVARENGA, M. A. R.; MELO, T. L.; VIANA, A. E. S. Produtividade e qualidade de tubérculos de batata em função de doses e parcelamentos de nitrogênio e potássio. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.31, p.1729-1736, 2007.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUCK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, p.227-234, 1990.

CARPIM, J. K. ASSIS, R. L. BRAZ, A. J. B. P.; SILVA, G. P.; PIRES, F.; R.; PEREIRA, V. C.; GOMES, G. V.; SILVA, A. G. Liberação de nutrientes pela palha de milho em diferentes estágios fenológicos. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Campinas, v.22, p.2813-2819, 2008.

CASAGRANDE, J. G.; ÁVILA, D. T.; SILVA, S. D. A.; ÁVILA, T. T.; AIRES, R. F.; Produtividade de Tungue em plantios comerciais na Serra Gaúcha. In: SIMPÓSIO

ESTADUAL DE AGROENERGIA E REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE AGROENERGIA, 2., 2008. Porto Alegre, **Anais...** Porto Alegre: Embrapa, 2008. 1 CD-ROM.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; HERBES, M. G.; POLETTO, N.; SILVEIRA, M. J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.49-54, 2002.

CHABOUSSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: a teoria da trofobiose**. 2ed, Porto Alegre, L & PM, 1999, 272p.

CHANG, C.; SOMMERFELDT, T. G. ENTZ, T. Soil chemistry after eleven annual applications of cattle feedlot manure. **Journal of Environmental Quality**, v.20, n1, p.475-480, 1991.

CHOER, E. A planta - origem e evolução. In.: PEREIRA, A.S; DANIELS, J. O. (Ed. Técnicos). **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Clima Temperado. Informação tecnológica, 2003.

CHRISTENSEN. B. T. Wheat and barley straw decomposition under field conditions: effect of soil type and plants cover on weight loss, nitrogen and potassium content. **Soil Biol. Biochem.**, v.17, p.691-697, 1985.

CORRÊA, N. C. M.; FERNANDES, G. C. PRADO, R. M.; NATALE, W. Propriedades químicas do solo tratado com resíduo orgânico da indústria processadora de goiabas. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v.11, n.2, p.241-243, 2005.

COSTA, F. X. Composição química da torta de mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 1 CD-ROM.

COSTA, J. B. **Processos participativos na construção da Agroecologia – estudo de caso da ARPASUL**. 2006. 104f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

COSTA, J. B.; MEDEIROS, C. A. B.; CRUZ, L. E. C.; SANES, F. S. M.; ARAÚJO, F.; PIANA, C. F. B. Efeito das tortas de mamona e de tungue na produtividade do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.6, n.2, 2011.

COSTA, F. X. Crescimento da mamoneira submetida a adubação com lixo orgânico e torta de mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., 2008, Salvador. **Anais...** Salvador: Embrapa Algodão, 2008. 1 CD-ROM.

COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. M. Avaliação do solo submetido a adubação com lixo orgânico e torta de mamona com a fenologia da mamoneira. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo, v.7, p.191-200, 2010.

COSTA, F. X et al. Crescimento da mamoneira submetida a adubação com lixo orgânico e torta de mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., 2008, Salvador. **Anais...** Salvador: Embrapa Algodão, 2008. 1 CD-ROM.

COSTA, F. X. Composição química da torta de mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 1 CD-ROM.

CRUZ, L. E. C. Dinâmica de decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais por meio de indicadores químicos em ambiente de terras baixas. **Revista Brasileira de Agroecologia**. Brasília v.2 n.2. p. 669-672, 2007.

CRUZ, L. E. C. **Potencial de sistemas de cultura para o sequestro de carbono em um cambissolo háplico da serra do sudeste – RS**. 2005. 101f. Dissertação (Mestrado em Ciências)- Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

CRUZ, L. E. C. **Dinâmica de decomposição de resíduos culturais em sistemas rotacionais de manejo em um Planossolo Háplico do sul do Brasil**. 2009. 118f. Tese (Doutorado em Ciências)- Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

DAROLT, M. R.; RODRIGUES, A.; NAZARENO, N.; BRISOLLA, A.; RÜPPEL, O. **Análise Comparativa entre o Sistema Orgânico e Convencional de Batata Comum**. Curitiba: IAPAR, 2003. 12p.

DAROLT, M. R. O mercado consumidor de batata orgânica: características, exigências, desafios e oportunidades. In.: NAZARENO, N. R. X (Ed.). **Produção orgânica de batata – potencialidades e desafios**. Iapar, Londrina, PR, 2009, 249P.

DA ROS, C. O. **Plantas de inverso para cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto**. 1993. 85f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1993.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). Defining soil quality for a sustainable environment, Madison, Wisconsin: **Soil Science Society American**, 1994. p. 3-21. (Special Publication, 35).

DUKE, J. A. **Handbook of energy crops**. Purdue: Purdue University, EUA, 1983. Disponível em: http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Aleuriesfordii.html. Acesso em: jan. 2009.

DURIGON, R.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; BARCELLOS, L. A. R.; PAVINATO, P. S. Produção de forragem em pastagem natural com o uso de esterco líquido de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.26, p.983-992, 2002.

DUTRA, M. R. et al.. Utilização e produtos alternativos no controle do nematóide *Meloydogine exigua* em cafeeiros da Região Sul de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 1 CD-ROM.

EHLERS, E. **Agricultura sustentável – origens e perspectivas e um novo paradigma**. 2 ed. Livraria e editora agropecuária, 1999, 157p.

EMBRAPA. **Cultivo da batata (*Solanum tuberosum* L.)**. Brasília. Embrapa Hortaliças, 35p. 2007 (Instruções Técnicas da Embrapa hortaliças, n.8).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006, 306p.

ENGEL. F. Exploration of the Chilca Canyon, Peru. **Research Report Current Anthropol**, v.11, p.55-58, 1970.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>> Acesso em: 16 de Set. de 2009.

FIBL/INFOAM. Research Institute of Organic Agriculture/International Federation of Organic Agriculture Movements. **The World of Organic Agriculture**. Alemanha, 2010.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura – agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. UFV, Viçosa, Minas Gerais, 2002, 402p.

FIOREZE, C.; CERETTA, C. A. Fontes orgânicas de nutrientes em sistemas de produção de batata. **Ciência Rural**, v.36, n.6, p.1788-1793, 2006.

FIOREZE, V. Aspectos sócio-econômicos da bataticultura no RS. In: PEREIRA, A.S; DANIELS, J. **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Clima Temperado. Informação tecnológica, 2003, p.450-467.

FREIRE, C. J. S. Práticas culturais – correção e adubação do solo. In.: PEREIRA, A. S; DANIELS, J. O. (Ed. Técnicos). **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Clima Temperado. Informação tecnológica, 2003.

GALLARDO, A.; MERINO, A. J. Leaf decomposition in two mediterranean ecosystems of southwest Spain: influence of substrate quality. **Ecology**, Washington, v.74, p.152-161, 1993.

GIACOMINI, S. J.; **Consortiação de plantas de cobertura no outono/inverno e fornecimento de N ao milho e sistemas de plantio direto**. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; HÜBNER, A. P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E.; AMARAL, E.B. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v38, n.9, p.1097-1104, 2003.

GIL, P. T.; FONTES, P. C. R.; CECOM, P. R.; FERREIRA, F. A. Índice SPAD para o diagnostico do estado de nitrogênio e para o prognostico da produtividade da batata. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n.4, p. 611-615, 2002.

GILL, H. S.; MEELU, O. P. Studies on the substitution of organics fertilizers with organics manure and their effects on soil fertility in Rice-wheat rotatio. **Fertilizer Research**, v.3, p.303-314, 1982.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia – processos ecológicos em agricultura sustentável**. Editora da Universidade, Porto Alegre, RS, 2000. 653p.

GOFFART, J. P.; OLIVIER, M.; FRANKINET, M. Potato crop nitrogen status assessment to improve N fertilization management and efficiency: past-presentfuture. **Potato Research**, v.51, p.355-383, 2008.

GOMES, C. B.; LIMA, D. L.; SILVA, S. D. A.; JUNIOR, C. R.; COSTA, A. V.; ANTUNES, L. E. C.; MATTOS, M. L.; CASAGRANDE JR, J. G.; NASCIMENTO, J. S.; MOURA, A. B. Efeito da torta de mamona e do repolho na biofumigação e solarização do solo para controle de fitonematóides associados ao pessegueiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2.,- 2006, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Algodão, 2006. 1 CD-ROM.

GONÇALVES, M. M. **Ecologização do sistema de produção de batata no sul do Rio Grande do sul: comparação de sistemas de produção**. 2005. 94f Dissertação (Dissertação em Agronomia)-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

GONÇALVES, M. M.; MEDEIROS, C. A. B.; NAZARENO, N. R. X. Características do sistema de produção de batata. In.: NAZARENO, N. R. X. (Ed.). **Produção orgânica de batata – potencialidades e desafios**. Iapar, Londrina, PR, 2009, 249P.

GONÇALVES, M. M. **Avaliação de insumos fitossanitários para o controle de *Diabrotica speciosa* (GERMAR, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae) e *Phytophthora infestans* (MONT.) de Bary. no cultivo de batata em sistema de produção orgânico**. 2012. 135f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

GREGORICH, E. G.; CARTER, M. R.; ANGERS, D. A.; MONREAL, C.M.; ELLERT, B. H. Towards a minimum data set to assess soil organic-matter quality in agricultural soils. **Canadian Journal of Soil Science**, Montreal, v. 74, p. 367-385, 1994.

GRUSZYNSKI, C.; **Resíduo agro-industrial “casca de tungue” como componente de substrato para plantas**. 2002. 99f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, R. M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por bio-sólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.1069-1076, 2004.

HILL, S. B. Redesigning the food systems for sustainability. Sydney, **Alternatives**, v. 12, 1985. p. 32-36.

HOLANDA, J. J.; MIELNICZUK, J.; STAMMEL, M.J. G. Utilização de esterco e adubo mineral em quatro sequências de culturas e solo de encosta basáltica do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.6, p.46-51, 1982.

IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In.: **Adubação verde no Brasil**. Campinas, 1984, p.232-267.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2006**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=rs&tema=lavouratemporaria2011>> Acesso em: 17 de dez. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro, 2006.

KHATOUNIAN, C. **A reconstrução ecológica da agricultura**. Iapar, Londrina, PR, 2001, 348p.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Editora Agronômica Ceres, São Paulo, 1985. 492p.

KÖGEL KNABER, I. The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.34, p.139-162, 2002.

LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; ALBUQUERQUE, R. C.; BELTRÃO, N. E. M. Avaliação da casca e da torta de mamona como fertilizante orgânico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2.,- 2006, Aracaju. **Anais....**Aracaju: Embrapa Algodão, 2006. 1 CD-ROM.

LIMA, R. L. S., SEVERINO, L. S.; SAMPAIO, L. R.; FREIRE, M. A. O.; SOFIATTI, V.; BELTRÃO, N. E. M. **Combinação de casca e torta de mamona como adubo orgânico para a momoneira**. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3.,- 2008, Salvador. Disponível em: <<http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/publicacoes/cbm3/trabalhos/FERTILIDADE%20E%20ADUBACAO/FA%2009.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2009.

LINCH, J. M. **Biotecnologia do solo**. São Paulo, Manole, 1996, 209p.

LUPWAYI, N. Z.; HAQUE, I. Mineralization of N, P, K, Ca and Mg from *Sesbania* and *Leucena* leaves varying in chemical composition. **Soil Biology and Biochemistry**, v.30, p.337-343, 1998.

MAGGIO, A.; CARILLO, P.; BULMETTI, G. S.; FUGGI, A.; BARBIERI, G.; DE PASCOALE, S. Potato yield and metabolic profiling under conventional and organic farming. **Europe Journal Agronomy**, v.28, p.343-350, 2008.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A.. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos. 1997. 201 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Ceres, São Paulo, 2006, 631p.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. Nobel, São Paulo, 2011, 200p.

MARQUES, P. J. P.; RICHTER, A. S.; NAZARENO, N. R. X. Produção de batata (*Solanum tuberosum*, L) em diferentes sistemas de manejo orgânico na região

metropolitana de Curitiba, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.5, n.2, p.116-125, 2010.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2ed. London, Academic Press, 1995, 889p.

MATTOS, L. (Coord.) **Marco referencial em agroecologia**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF. 2006, 70p.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo – do neolítico à crise contemporânea**. Editora Unesp, São Paulo, 2008, 567p.

MEDEIROS, C. A. B.; GONÇALVES, M. M, 2007. Avaliação de Produtos Alternativos no Controle de Danos Causados por Insetos em Tubérculos de Batata Cultivada em Sistema Orgânico. **Revista Brasileira de Agroecologia**. Brasília v.2 n.2. p. 1012-1015, 2007.

MEDEIROS, C. A. B.; STRASSBURGER, A. S.; GOMES, C. B.; WOLF, L. F.. Controle alternativo de requeima (*Phytophthora infestans*) em batata cultivada em sistema de base ecológica. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 4821-4826, 2008.

MELILLO, J. M.; ABER, J. D.; MURATORE, J. F. Nitrogen and lignina controlo of hard wood leaf litter decomposition dynamic. **Ecology**, v.63, p.621-626, 1992.

MELO, P. E.; BUSO, J. A. Principais cultivares. In: LOPES, C.A.; BUSO, J. A. **Cultivo da batata (*Solanum tuberosum* L.)** Brasília: Embrapa Hortaliças, 1997, p.4-8. (Instruções Técnicas, 8)

MELLO, S. C.; VITTI, G. C. Desenvolvimento do tomateiro e modificações nas propriedades químicas do solo em função da aplicação de resíduos orgânicos, sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.2, p.200-206, 2002.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo – ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ed. Metrópole, Porto Alegre, 2008. 636p. p.1-7.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Diretrizes de Política de Agroenergia 2006-2011**. Brasília, 2006.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel**. Disponível em:<www.mme.gov.br>. Acesso em 20 de março de 2007.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. **Biodiesel no Brasil: resultados sócio-econômicos e expectativa futura**. Brasília, 2007.
<www.mda.gov.br>. Acesso em 27 de abr. 2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Conferencia internacional sobre agricultura orgánica y seguridad alimentaria. **Informe, 2007**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/>>. Acesso em 24 de abril de 2009.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L.; PEREIRA, H. S.
Organismos do solo em ecossistemas tropicais: um papel chave para o Brasil na demanda global pela conservação e uso sustentado da biodiversidade. In.: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O.; BRUSSAARD, L. **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**, UFLA, Lavras, 2008, 767p.

MORSELLI, T. B. G. A. **Resíduos Orgânicos em Sistemas Agrícolas**. Pelotas: UFPel, 2004. 141p.

MOTA, F. S.; BEIRSDORF, M. I. C.; ACOSTA, M. J. **Estação Agroclimatológica de Pelotas**: Realizações e programa de trabalho. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1986.

NEGREIROS, J. R. S.; ÁLVARES, V. S.; BRAGA, L. R.; BRUCKNER, C. H.
Diferentes substratos na formação de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Ceres**, v.51, n.29, p.243-345, 2004.

NETO, S. S., NAKANO, O., BARBIN, D., NOVA, N. A. V. **Manual de ecologia dos insetos**. Editora Agronômica Ceres, São Paulo – SP, 1976. 419.

NETO, J. T. P. **Manual de compostagem – processo de baixo custo**. UFV, Viçosa, 2011, 81p.

OLIVEIRA, J. F.; HOLANDA, J. S. FERNANDES, J. B. LEITE, L. A. S.; OLIVEIRA, G. M.; **Níveis econômicos de adubação orgânica no cultivo de feijão Vigna e**

batata-doce em leitos de rio Caicó, Embrapa/UEPAE, 1980, 6p. (Comunicado Técnico, 4).

PADOVAN, M. P.; ALMEIDA, D. L.; GUERRA, G. M.; RIBEIRO, R. L. D.; OLIVEIRA, F. L.; SANTOS, L. A.; ALVES, B. J. R.; SOUTO, S. M. Decomposição e liberação de nutrientes de soja cortada em diferentes estádios de desenvolvimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p.667-672, 2006.

PALM, C. A.; SANCHEZ, P. A. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by lignin and polyphenolic contents. **Soil Biology and Biochemistry**, v.23, p.83-88, 1991.

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. Dynamic of residue decomposition and soil organic matter turnover. In.: **Soil microbiology and biochemistry**. 2 ed. San Diego: Academic, 1996, p. 158-179, 340p.

PEREIRA, A. S. Correlações entre cultivo de primavera e de outono para algumas características agrônômicas em batata. **Agropecuária de Clima Temperado**, Pelotas, v.2, n.2, p.207-212, 1999.

PEREIRA, A. S.; DANIELS, J. O. (Ed. Técnicos). **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Clima Temperado. Informação tecnológica, 2003.

PEREIRA, A. S.; SILVA, A. C. F.; CASTRO, C. M.; MEDEIROS, C. A. B.; HIRANO, E.; NAZARENO, N. R. X.; BERTONCINI, O.; MELO, P. E. **Catálogo de cultivares de batata**. Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 2008. (Documentos, 247), 41p.

PEREIRA, A. S.; BERTONCINI, O.; SILVA, G. O.; CASTRO, C. M.; GOMES, C. B.; E.; MELO, P. C.; BORTOLETTO, A. C.; MEDEIROS, C. A. B.; TREPTOW, R. O.; DUTRA, L. F.; LOPES, C. A.; NAZARENO, N. R. X.; LIMA, M. F.; KROLOW, A. C.; SUINAGA, F. A.; REISSER JUNIO, C. BRS Clara: cultivar de batata para mercado fresco, com resistência à requeima. **Revista Batata Show**, Itapetininga, n. 32, p.39-40, 2012.

PHILLIPS S. B; WARREN J. G; KEAHEY D. A; MULLINS G. L. **Nitrogen management for white potato production**. Virginia: Virginia Cooperative Extension. 438p. 2004.

PIRES, M. M. Biodiesel de mamona – uma avaliação econômica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 1 CD-ROM.

PIRES, A. A.; MONNERAT, P. H.; MARCIANO, C. R.; PINHO, L. G. R.; ZAMPIROLI, P. D.; RODA, R. C. C.; MUNIZ, R. A. Efeito da adubação alternativa do maracujazeiro amarelo nas características químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.32, p.1997-2005, 2008.

PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas**, Unesp, 2008, 407p.

PRIMAVESI, A. **Agricultura em regiões tropicais - manejo ecológico do solo**. Nobel, São Paulo, SP. 1999, 449P.

RADOMSKI, M. I, MEDEIROS, A. L.; GONÇALVES, J. Introdução do tungue (*Aleurites fordii*) em sistemas agroflorestais de agricultores familiares agroecológicos da região da Floresta com Araucária, no Paraná. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Brasília, v.2, n 2, p 1066-1069, 2007.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres-Potafos, 1991, 343p.

RANELLS, N. N.; WAGNER, M. G. Nitrogen release Grass and legume cover crop monocultures and bicultures. **Agronomy Journal**, v.88, p.777-782, 1996.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 6ed. Guanabara Koogan, 1999, p.906.

REICOSKY, D. C.; FORCELLA, F. Cover crop and soil quality interaction in agroecosystems. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.53, p.224-229, 1998.

REICHARDT, K.; TIM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. 2ed. Manole, São Paulo, 2012, 524p.

REINERTSEN, S. A.; ELLIOTT, L. F.; COCHERAN, V. L.; CAMPBELL, G. S. The role of available C and N in determining the rate of wheat straw decomposition. **Soil Biology and Biochemistry**. v.16, p.458-464, 1984.

REIS JÚNIOR, R. A.; MONERAT, P. H. Exportação de nutrientes nos tubérculos de batata em função de doses de sulfato de potássio. **Revista Horticultura Brasileira**, v.19, n.3, p.360-364, 2001.

RICHTER, A. S.; RADOMSKI, A. I. Manejo da fertilidade do solo na cultura da batata. In.: NAZARENO, N. R. X (Ed.). **Produção orgânica de batata – potencialidades e desafios**. Iapar, Londrina, PR, 2009, 249P.

RITZINGER, C. H. S. P. Uso de torta de mamona e nim em mudas de mamoeiro infestadas pelo nematóide de galhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 1 CD-ROM.

ROSS, H. H. **Introducion a la entomologia general e aplicada**. Ediciones Omega, Barcelona, Espanha, 1968. 553p.

ROSSI, F.; MELO, P. C. T.; FILHO, J. A. A.; AMBROSANO, E. J.; GUIRADO, N.; SCHAMMASS, E. A.; CAMARGO, L. F. Cultivares de batata para sistemas orgânicos e produção. **Horticultura Brasileira**, v.29, n.3, p.372-376, 2011.

SALLES, L. A. B.; BRISOLLA, A. D. Pragas de Solo. In: In: PEREIRA, A.; DANIELS, J. **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. (Ed. Téc.) Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 402-415.

SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo – ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ed. Metrópole, Porto Alegre, 2008. 636p.

SANTOS, G. M.; OLIVEIRA, A. P.; SILVA, J. A. L.; ALVES, E. U.; COSTA, C. C. Características e rendimento de vagem do feijão-vagem em função de fontes e doses de matéria orgânica. **Horticultura Brasileira**, v.19, p.30-35, 2001.

SANTOS, J. F.; OLIVEIRA, A. O.; ALVES, A. U.; DORNELAS, C. S. M. BRITO, C. H.; NÓBREGA, J. P. R. Produção de batata-doce adubada com esterco bovino em solo com baixo teor de matéria orgânica. **Horticultura Brasileira**, v.24, n.1, p. 103-106, 2006.

SANTOS, M. M. E. D.; ANDRIGUETO, J. R.; CAMARGO, C. P. **Descrição de cultivares de batata**. Brasília: Secretaria Nacional de Produção Agropecuária, 1986. 40p.

SANTOS, P. F.; WHILFORD, W.G The effects of microarthropods on litter decomposition in a chihuazhuan ecosystem. **Ecololy**, v.62, p.654-669, 1981.

SAVIOZZI, A. LEVI-MINZI, R. RIFFALDI, R.; VANNI, G. Role of chemical constituents of straw and pig slurry on their decomposition in soil. **Biology and Fertility Soils**, v.25, p.401-406, 1997.

SCHOMBERG, H. H.; STEINER, J. L. Nutrient dynamics of crop residue decomposing on a fallow no-till soil surface. **Soil Society of America Journal**, Madison, v.63, n.3, p.607-613, 1999.

SEDIYAMA, M. A. N.; GARCIA, N. C. P.; VIDIGAL, S. M.; MATOS, A. T. Nutrientes em compostos orgânicos de resíduos vegetais e dejetos suínos. **Scientia Agrícola**, n.57, p.185-189, 2000.

SEDIYAMA, M. A.; VIDIGAL, S.M.; SANTOS, M.R.; SALGADO, L.T. Rendimento do pimentão em função da adubação orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**, v.27, p.294-299, 2009.

SEVERINO, L. S.; LIMA, R. L. S.; BELTRÃO, N. E. M. **Composição química de onze materiais orgânicos utilizados em substratos para produção de mudas**. Embrapa Campina Grande, PB, 2006, (Comunicado Técnico 278).

SEVERINO, L. S.; COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. M.; LUCENA, M. A.; GUIMARÃES, M. M. B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.5, n.1, p.2004. Disponível em: http://eduep.uepb.edu.br/rbct/sumarios/sumario_v5_n1.htm>. Acesso em: 12 abr. 2009.

SEVERINO, L. S. **O que sabemos sobre a torta de mamona**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 31p. (Documentos, 134).

SILVA, C. M. **Avaliação da manipueira no controle de pragas de solo e da requeima (*Phytophthora infestans*) no cultivo orgânico da batata**. 2009.

Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção Agrícola Familiar)– Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SILVA, F. N.; MAIA, S. S. S.; OLIVEIRA, M. Doses de matéria orgânica na produtividade da cultura da alface em solo eutrófico na região de Mossoró, RN.

Horticultura Brasileira, v.18, p. 723-724, 2000.

SILVA, J. A.; PIRES, R. C. M.; SAKAY, E.; SILVA, T. J. A.; ANDRADE, J. A.; ARRUDA, F. B.; CALHEIROS, R. O. Desenvolvimento e produtividade da cultura da batata irrigada por gotejamento em dois sistemas de cultivo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, p.354-362, 2007.

SILVA J. E.; RESCK, D. V. S. Matéria orgânica do solo. In: **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: Embrapa – CPAC, 1997, p.467-516.

SILVA, M. C. C. **Crítérios para manejo da adubação nitrogenada da batata em duas épocas de plantio**. 2007. 144p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)- Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SILVA, S. D. A.; CASAGRANDE JR, J. G.; SCIVITTARO, W. B. (Ed). **A cultura da mamona no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, RS, 2007. 115p. (Sistemas de Produção, 11).

SILVA, T. O.; MENEZES, R. S.; HOLM, T.; SAMPAIO, V. B.; SALCEDO, I. H.; SILVEIRA, L. M. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, *Crotalaria juncea*. I – produtividade vegetal e estoque de nutrientes no solo em longo prazo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.39-49, 2007.

SILVA, V. B.; ARAÚJO, C. A. S.; FRANCO, E. P. Taxa de decomposição de resíduos orgânicos em função da profundidade e do tempo de incorporação sob irrigação por gotejamento. II CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 2., 2007 João Pessoa. **Anais...**João Pessoa, 2007.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO: Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e calagem**. Porto Alegre: SBCS/NRS, 2004. 400p.

SOUZA, M. C. Aspectos institucionais do sistema agroindustrial de produtos orgânicos. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.33, n.3, p.7-16, 2003.

SOUZA, W. J. O.; MELLO, W. J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sobre diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.885-896, 2000.

SOUZA, J. L.; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. Editora Aprenda Fácil, Viçosa, Minas Gerais, 2003, 564P.

SOUZA, Z. S. Ecofisiologia. In.: PEREIRA, A. S.; DANIELS, E. L. (ed.). **O cultivo da batata na Região Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. P. 80-104.

STEVENSON, F. J. **Cicles of soil – carbon, nitroge, phosphorus, sulfur, micronutrients**. United State of America: John Wiley and sons, New York, 1986.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. v. 1. 222 p.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ed. São Pulo, Artmed, 2004, p.719.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 78p.

TEDESCO, M. J.; SELBACH, P. A.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F. A. O. Resíduos orgânicos no solo e os impactos no meio ambiente. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo – ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ed. Metrópole, Porto Alegre, 2008. 636p.

TEIXEIRA, D. M. C.; PINTO, J. E. B. P. Minituberização da batata em diferentes doses de N, sacarose e BAP. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.3, n.2, p.77-81, 1991.

TERRAZZAN, P.; VALANINI, P. J. Situação do mercado de produtos orgânicos e as formas de comercialização no Brasil. **Informações Econômicas**, v.39, p.27-41, 2009.

THOMAS, R. J.; ASKAWA, N. M. **Decomposition of leaf litter from tropical orange grasses and legumes. Soil Biol. Biochem.**, v.25, p.1351-1361, 1993.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1609-1618, 2008.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A.J.; Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.609-619, 2005.

TRINSOUTROT, I.; RECOUS, S.; BENTZ, B.; LINÈRES, D.; CHÈNEBY, D.; NICOLARDOT, B. Biochemical quality of crops residues and carbon and nitrogen mineralization kinetics under nonlimiting nitrogen conditions. **Soil Science Society of America Journal**, v.64, p.918-926, 2000.

TROEH, F. R.; THOMPSON, L. M. **Solos e fertilidade do solo**. Andre, São Paulo, SP. 2007, 718.

VANLAUWE, B.; DIELS, J.; SANGINGA, N.; MERCKX, R. Residue quality and decomposition: Is there an unsteady relationship? In: **Driver by nature: Plant litter quality and decomposition**. CAB International, Wallingford, 1997, p.157-166.

VAN LIER, Q. J. **Física do solo**. SBSC, 1 ed, Viçosa, 2010, 298p.

WAGGER, M. G. Time of desiccation effects on plant composition and subsequent nitrogen release from several winter annual covercrops. **Agronomy Journal**, v.81, p.236-241, 1989.

WHITE, R. E. **Princípios e práticas da ciência do solo – o solo como um recurso natural**. Andre, 4 ed. São Paulo, 2009, 426p.

WIEDER, R. K.; LANG, G. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecology**, v.63, p.1636-1642, 1982.

WIELEWICKI, A. P.; BARCELOS, L. A. R.; FIOREZE, C.; RUBIN, S.A. L.; CERETTA, C. A.; OZELAME, J. G.; CARGNELUTTI FILHO, A. Produção de batata ecológica com adubos orgânicos e caldas caseiras. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 2, 2004, Porto Alegre, **Anais...**Porto Alegre, EMATER-RS/ASCAR, 2004, p.1090-1093.

WILLER, H. **The world of organic agriculture: statistic and emerging trends.** London: Earthscan, 2008, 272p.

WILSON, D. O.; HARGROVE, W. L. Release of nitrogen from crimson clover residue under two tillage systems. **Soil Science Society of America Journal**, v.50, p.1251-1254, 1986.

ZABALETA, J. P.; WEUINGARTNER, M. A.; PINTO, P. R. **Custo de produção de batata (*Solanum tuberosum*, L.) cultivada no sistema orgânico.** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1999. (Comunicado Técnico).

APÊNDICES

Apêndice A. Percentuais remanescentes de Matéria Seca, Carbono, Nitrogênio e da relação C/N das tortas de mamona e de tungue no outono de 2011 e na primavera de 2011, dispostas nas bolsas grandes. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Outono 2011					Primavera 2011			
Tempo (dias)	MAP	MCC	TAP	TCC	MAP	MCC	TAP	TCC
% Matéria Seca								
0	100,00	100,00	100,00	100,00	100	100	100	100
7	75,77	61,87	87,02	69,71	74,52	66,83	80,92	74,35
14	70,12	53,41	79,46	63,52	61,49	50,30	70,48	70,15
21	62,05	46,56	73,57	59,83	56,72	47,50	64,43	59,80
28	55,21	41,92	67,70	56,78	49,42	43,11	58,66	58,51
45	49,87	38,86	61,11	53,58	44,19	39,49	54,05	50,24
60	45,37	35,30	55,79	50,53	39,76	36,88	50,62	49,09
90	40,32	33,10	51,52	48,30	36,95	34,07	47,15	43,54
120	37,62	30,02	48,01	46,09	33,45	32,14	43,73	38,71
% Carbono								
0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
7	70,82	54,07	87,66	74,61	65,11	59,97	83,56	79,83
14	64,44	45,34	80,48	67,13	52,19	41,13	76,87	69,53
21	53,74	36,65	73,19	64,11	44,64	37,66	72,19	61,54
28	45,25	32,49	73,47	59,41	37,99	34,63	66,07	59,53
45	38,87	29,50	66,58	54,78	32,95	26,63	59,47	53,76
60	34,60	28,75	57,80	53,40	28,87	23,37	56,20	50,08
90	29,22	23,28	56,34	49,80	26,20	20,09	53,50	45,83
120	26,34	20,17	52,53	42,73	23,40	16,63	49,55	38,10
% Nitrogênio								
0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
7	78,20	43,18	82,36	61,11	69,04	57,18	82,67	61,77
14	64,38	32,04	80,03	45,92	42,19	27,25	35,45	47,51
21	46,96	21,88	50,10	35,57	35,90	22,41	27,10	21,00
28	35,59	16,55	35,54	33,31	31,29	17,05	23,75	20,39
45	28,03	14,60	21,57	27,91	20,40	13,70	20,87	16,61
60	20,05	17,46	20,74	23,03	11,47	10,32	16,86	13,24
90	15,60	10,07	16,28	18,67	11,69	9,91	13,81	12,80
120	13,74	7,45	15,18	14,64	7,75	7,41	12,90	11,54
C/N								
0	5,16	5,16	11,69	11,69	5,16	5,16	11,69	11,69
7	4,67	6,47	12,01	14,45	4,90	5,41	11,92	15,74
14	5,16	7,33	11,43	18,21	6,41	7,82	26,11	17,36
21	5,90	8,67	12,66	22,95	6,54	8,70	30,98	34,17
28	6,73	10,23	22,51	22,60	6,54	10,51	31,70	36,28
45	7,19	10,42	34,92	25,60	8,66	10,11	31,95	39,38
60	8,94	10,25	32,09	31,27	11,95	11,67	37,29	44,64
90	9,67	11,86	40,74	37,77	11,76	10,56	40,08	42,25
120	9,67	11,86	40,14	39,23	16,52	11,57	42,07	43,20

MAP – torta de mamona em ambiente protegido.

MCC – torta de mamona a campo.

TAP – torta de tungue em ambiente protegido.

TCC – torta de tungue a campo.

Apêndice B. Percentuais remanescentes de Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio das tortas de mamona e de tungue no outono de 2011 e na primavera de 2011, dispostas nas bolsas grandes. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Tempo (dias)	Outono 2011				Primavera 2011			
	MAP	MCC	TAP	TCC	MAP	MCC	TAP	TCC
% Fósforo								
0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
7	71,13	60,45	81,26	65,98	68,06	56,13	71,96	98,43
14	47,36	53,28	64,77	43,13	54,60	37,81	62,06	72,98
21	27,96	47,37	40,24	47,92	50,64	29,50	56,33	52,29
28	33,38	40,21	39,52	37,38	38,77	24,57	48,93	48,16
45	27,40	28,01	29,44	44,29	31,05	18,23	41,32	36,03
60	20,10	18,94	26,22	37,92	27,69	15,59	41,46	33,47
90	14,99	18,74	20,82	35,02	26,49	14,98	30,65	23,03
120	12,37	11,72	27,50	17,48	13,77	11,50	17,39	15,80
% Potássio								
0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
7	88,15	52,12	80,00	85,90	78,82	44,99	97,59	30,89
14	69,01	32,41	65,88	51,67	64,58	30,94	84,09	19,25
21	72,27	25,92	47,13	42,60	53,47	28,14	71,92	13,86
28	47,46	22,48	35,16	36,30	48,12	23,20	43,70	11,74
45	47,91	20,70	24,02	28,34	42,22	21,04	33,76	6,64
60	39,09	18,53	14,52	21,57	34,31	19,14	29,31	4,83
90	29,34	12,68	13,69	15,45	26,90	13,02	18,13	3,48
120	24,74	10,43	10,31	11,61	22,03	11,17	12,25	3,37
% Cálcio								
0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
7	70,02	63,00	81,42	76,77	70,98	58,18	83,18	65,62
14	57,71	46,97	59,71	65,11	64,45	49,57	64,05	54,57
21	53,00	41,70	52,82	53,70	56,64	41,10	54,14	56,79
28	44,93	36,57	45,26	51,05	48,60	35,99	46,23	33,54
45	35,66	30,49	42,51	43,20	40,00	29,73	43,10	41,93
60	27,62	28,00	39,46	41,25	29,38	27,74	39,43	49,20
90	25,98	23,03	33,35	34,26	27,04	22,97	33,76	36,18
120	21,78	21,00	31,06	23,74	25,83	20,83	30,98	26,09
% Magnésio								
0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
7	69,31	53,33	90,93	44,56	63,99	68,02	80,06	78,81
14	63,31	43,09	66,79	37,84	43,31	55,30	74,86	47,10
21	53,34	31,59	57,55	35,29	38,33	49,06	59,91	53,95
28	46,72	27,33	50,96	23,47	28,08	41,90	45,51	40,81
45	35,56	23,08	40,40	26,86	26,81	31,50	44,49	51,78
60	28,99	20,23	40,72	37,11	21,20	25,32	36,45	32,36
90	25,59	16,52	31,71	17,28	16,92	23,44	35,42	32,99
120	13,39	12,70	25,99	12,12	13,54	11,84	19,44	11,06

MAP – torta de mamona em ambiente protegido.

MCC – torta de mamona a campo.

TAP – torta de tungue em ambiente protegido.

TCC – torta de tungue a campo.

Apêndice C. Percentuais remanescentes de Matéria Seca, de Carbono e Nitrogênio e da relação C/N das tortas de mamona e de tungue no outono de 2011 e na primavera de 2011, dispostas nas bolsas pequenas. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Tempo (dias)	Outono 2011				Primavera 2011			
	MAP	MCC	TAP	TCC	MAP	MCC	TAP	TCC
% Matéria Seca								
0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
7	77,69	84,10	88,71	79,75	85,24	74,20	86,96	87,10
14	72,22	77,45	82,59	72,71	79,43	68,36	78,82	81,06
21	70,26	70,95	76,64	68,34	75,13	63,99	72,86	77,96
28	66,18	62,14	72,52	62,74	65,66	58,54	66,30	74,26
45	60,62	56,19	67,65	59,83	60,77	54,42	61,58	71,77
60	56,56	52,96	63,06	57,59	56,84	50,95	58,46	66,17
90	52,54	48,55	60,99	55,09	49,64	48,30	55,77	63,26
120	49,20	46,15	57,12	53,08	45,26	44,05	53,20	50,70
% Carbono								
0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
7	77,59	82,36	89,27	83,51	80,40	72,51	92,16	91,09
14	74,73	70,07	83,21	77,72	73,56	62,18	83,58	80,13
21	69,05	62,78	77,36	72,93	67,88	56,10	77,45	82,47
28	62,23	50,29	71,89	65,80	55,21	46,85	72,34	78,60
45	54,74	42,93	72,65	62,22	48,78	40,84	66,31	73,22
60	47,86	38,84	63,78	58,19	44,00	34,92	65,19	67,80
90	45,90	33,51	65,59	59,58	35,71	31,57	62,30	60,39
120	39,96	29,80	59,50	57,40	29,78	29,87	60,62	50,79
% Nitrogênio								
0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
7	84,44	67,64	94,77	87,27	64,20	82,34	72,82	69,82
14	76,67	51,38	93,07	59,83	53,78	42,23	59,25	30,11
21	68,22	42,17	76,67	45,36	51,01	31,25	47,82	30,76
28	47,79	33,77	67,66	41,62	47,99	19,48	32,65	22,59
45	40,77	23,23	40,95	34,41	22,02	13,32	23,69	14,62
60	32,03	17,44	37,97	27,60	27,74	11,97	21,54	14,24
90	21,67	14,22	31,66	22,86	19,43	10,25	16,62	11,94
120	17,38	12,71	23,82	19,87	12,42	7,66	13,04	10,80
C/N								
0	5,16	5,16	11,70	11,69	5,16	5,16	11,70	11,69
7	5,20	5,56	11,07	11,95	5,91	5,02	14,87	14,86
14	5,53	6,21	10,50	15,57	6,19	6,50	16,24	24,33
21	5,58	7,20	11,45	18,84	5,93	5,98	17,62	35,12
28	6,76	7,45	12,26	18,76	5,45	7,19	23,27	29,80
45	7,07	10,16	20,23	21,33	9,95	8,51	30,64	39,95
60	7,84	11,25	19,49	25,13	6,61	10,79	31,32	40,28
90	10,34	12,21	22,28	34,90	7,66	11,52	35,04	43,59
120	10,92	11,63	26,31	38,36	10,59	13,76	41,12	47,00

MAP – torta de mamona em ambiente protegido.

MCC – torta de mamona a campo.

TAP – torta de tungue em ambiente protegido.

TCC – torta de tungue a campo.

Apêndice D. Percentuais remanescentes de Fósforo, Potássio, Cálcio e magnésio das tortas de mamona e de tungue no outono de 2011 e na primavera de 2011, dispostas nas bolsas pequenas. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Tempo (dias)	Outono 2011				Primavera 2011			
	MAP	MCC	TAP	TCC	MAP	MCC	TAP	TCC
% Fósforo								
0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
7	74,40	92,67	61,81	61,55	68,60	80,43	75,84	81,43
14	50,85	69,73	43,13	48,64	48,54	55,74	58,74	66,40
21	48,67	52,44	42,19	34,56	44,82	49,84	49,09	54,38
28	45,79	40,40	39,86	25,79	36,42	36,91	41,47	47,37
45	49,10	37,88	36,63	24,66	27,48	26,41	36,22	43,17
60	40,24	24,21	35,17	21,74	23,33	23,88	32,49	32,31
90	20,78	19,98	35,98	19,21	19,80	22,30	32,88	24,77
120	22,49	18,81	32,04	18,59	18,58	17,13	24,20	19,55
% Potássio								
0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
7	83,02	67,41	93,95	63,35	97,77	74,24	95,71	80,12
14	74,35	40,16	85,05	41,00	82,06	72,84	83,51	46,14
21	74,48	29,24	81,65	36,83	80,76	41,54	73,00	33,27
28	68,54	25,09	73,91	31,36	59,38	39,45	62,43	22,45
45	62,31	16,35	49,84	19,67	36,48	26,55	53,54	9,32
60	53,34	14,70	48,49	10,32	39,88	24,08	26,91	9,27
90	40,60	14,74	31,29	8,81	36,33	18,21	19,05	9,11
120	29,33	10,40	17,12	6,92	23,51	12,86	13,50	8,83
% Cálcio								
0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
7	80,74	55,28	81,15	73,34	62,13	58,54	66,41	64,52
14	70,88	45,65	58,16	50,53	49,37	41,65	50,41	54,43
21	50,05	40,29	53,91	41,31	42,96	35,87	48,43	44,91
28	57,06	33,92	53,28	34,19	37,66	30,23	44,25	37,81
45	38,12	34,01	45,67	29,41	34,04	28,78	42,20	32,80
60	38,80	28,96	45,38	25,19	27,92	25,56	37,48	29,32
90	31,61	26,89	38,34	23,74	24,36	23,80	34,27	23,36
120	26,06	22,01	33,30	22,46	20,42	20,28	28,94	20,25
% Magnésio								
0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100	100,00	100,00
7	75,46	85,17	73,13	64,09	68,78	85,17	85,88	66,63
14	53,84	56,92	66,59	61,20	54,25	56,92	68,52	50,66
21	49,31	51,22	55,86	57,40	43,97	51,22	57,56	44,92
28	41,08	41,82	53,60	47,48	39,72	41,82	48,26	40,87
45	31,43	33,45	44,84	44,48	31,95	33,45	33,52	34,99
60	29,98	27,53	38,65	41,01	24,34	27,53	30,49	31,93
90	24,85	21,43	32,71	34,16	21,80	21,43	26,07	27,23
120	22,87	18,34	28,14	23,26	18,56	18,34	26,69	21,64

MAP – torta de mamona em ambiente protegido.

MCC – torta de mamona a campo.

TAP – torta de tungue em ambiente protegido.

TCC – torta de tungue a campo.

Apêndice E – Análise de variância do rendimento total e comercial de tubérculos, nas safras de primavera 2010 e 2011 e outono 2011 e 2012. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Fontes	Rendimento total de tubérculos					Rendimento de tubérculos comerciais				
	GL	SQ	QM	F	P	GL	SQ	QM	F	p
Primavera 2010										
Bloco	3	429870.63	143290.2	-	-	3	508936.84	169645.6	-	-
Tratamentos	7	3,78E+15	5,39E+13	58.624	0	7	2,18E+15	3,12E+13	50.818	0
Resíduo	21	19324808	920228.9	-	-	21	12876843	613183	-	-
Total	31	3,97E+15	-	-	-	31	2,32E+15	-	-	-
Outono 2011										
Bloco	3	1087905.3	362635.1	-	-	3	302573.62	100857.9	-	-
Tratamentos	7	2,76E+15	3,95E+13	33.924	4.64E-010	7	1,78E+15	2,54E+13	28.801	2,16E-06
Resíduo	21	24428155	1163245	-	-	21	18531253	882440.6	-	-
Total	31	3,02E+15	-	-	-	31	1,97E+14	-	-	-
Primavera 2011										
Bloco	3	1493092.8	497697.6	-	-	3	975694.62	325231.5	0.18037	0.9085
Tratamentos	7	8,30E+15	1,19E+14	63.576	0	7	6,03E+15	8,61E+13	47.738	0
Resíduo	21	39157369	1864637	-	-	21	37865707	1803129	-	-
Total	31	8,70E+15	-	-	-	31	6,41E+15	-	-	-
Outono 2012										
Bloco	3	38959413	1,30E+13	-	-	3	19103454	6367818	-	-
Tratamentos	7	7,30E+15	1,04E+14	45.566	0	7	4,72E+15	6,75E+13	39.197	1,17E-07
Resíduo	21	48034230	2287344	-	-	21	36144083	1721147	-	-
Total	31	8,17E+15	-	-	-	31	5,27E+15	-	-	-

Apêndice F – Análise de variância do número de tubérculos/planta e do número de tubérculos comerciais/planta, nas safras de primavera 2010 e 2011 e outono 2011 e 2012. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Fontes	Número de tubérculos/planta					Número de tubérculos comerciais/planta				
	GL	SQ	QM	F	P	GL	SQ	QM	F	p
Primavera 2010										
Bloco	3	1.75	0.5833333	-	-	3	0	0	-	-
Tratamentos	7	14.5	2.071.429	6	0.0006231	7	4	0.5714286	3	0.02392
Resíduo	21	7.25	0.3452381	-	-	21	4	0.1904762	-	-
Total	31	23.5	-	-	-	31	8	-	-	-
Outono 2011										
Bloco	3	0	0	-	-	3	0.5	0.1666667	-	-
Tratamentos	7	12	1.714.286	65.455	0.0003572	7	6.5	0.9285714	7.8	0.0001094
Resíduo	21	5.5	0.2619048	-	-	21	2.5	0.1190476	-	-
Total	31	17.5	-	-	-	31	9.5	-	-	-
Primavera 2011										
Bloco	3	2.375	0.7916667	-	-	3	0.125	0.04166667	-	-
Tratamentos	7	37.375	5.339.286	53.077	0.001317	7	6.375	0.9107143	80.526	8,75E-02
Resíduo	21	21.125	1.005.952	-	-	21	2.375	0.1130952	-	-
Total	31	60.875	-	-	-	31	8.875	-	-	-
Outono 2012										
Bloco	3	16.375	5.458.333	-	-	3	2.25	0.75	-	-
Tratamentos	7	72.875	1.041.071	82.113	7,62E-02	7	28	4	14.609	8,78E-04
Resíduo	21	26.625	1.267.857	-	-	21	5.75	0.2738095	-	-
Total	31	115.875	-	-	-	31	36	-	-	-

Apêndice G – Análise de variância do peso médio de tubérculos e do peso médio de tubérculos comerciais, nas safras de primavera 2010 e 2011 e outono 2011 e 2012. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Fontes	Peso médio de tubérculos					Peso médio de tubérculos comerciais				
	GL	SQ	QM	F	P	GL	SQ	QM	F	p
Primavera 2010										
Bloco	3	8.25	2.75	-	-	3	27.909.375	9.303.125	-	-
Tratamentos	7	1149	1.641.429	17.001	2,43E-04	7	31.989.687	4.569.955	7.83	0.0001065
Resíduo	21	202.75	9.654.762	-	-	21	12.256.563	5.836.458	-	-
Total	31	1360	-	-	-	31	47.037.188	-	-	-
Outono 2011										
Bloco	3	2.25	0.75	-	-	3	81.375	27.125	-	-
Tratamentos	7	1409.5	2.013.571	34.385	0.01308	7	3.252.375	464.625	17.834	0.1439
Resíduo	21	1229.75	5.855.952	-	-	21	5.471.125	2.605.298	-	-
Total	31	2641.5	-	-	-	31	8.804.875	-	-	-
Primavera 2011										
Bloco	3	492.125	1.640.417	-	-	3	813	271	-	-
Tratamentos	7	1.537.875	2.196.964	14.223	0.2486	7	8336	1.190.857	44.195	0.003715
Resíduo	21	3.243.875	1.544.702	-	-	21	5658.5	2.694.524	-	-
Total	31	5.273.875	-	-	-	31	14807.5	-	-	-
Outono 2012										
Bloco	3	531.125	1.770.417	-	-	3	2.785.125	928.375	-	-
Tratamentos	7	4.705.875	6.722.679	43.886	0.003858	7	20.544.875	2.934.982	48.258	0.002285
Resíduo	21	3.216.875	1.531.845	-	-	21	12.771.875	6.081.845	-	-
Total	31	8.453.875	-	-	-	31	36.101.875	-	-	-

Apêndice H – Análise de variância do estado final de plantas, nas safras de primavera 2010 e 2011 e outono 2011 e 2012. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Estande Final - plantas/m²					
Fontes	GL	SQ	QM	F	P
Primavera 2010					
Bloco	3	0.34375	0.1145833	-	-
Tratamentos	7	3.271.875	4.674.107	25.128	7,58E-06
Resíduo	21	390.625	0.1860119	-	-
Total	31	3.696.875	-	-	-
Outono 2011					
Bloco	3	0.125	0.04166667	-	-
Tratamentos	7	18.875	2.696.429	14.613	8,76E-04
Resíduo	21	3.875	0.1845238	-	-
Total	31	22.875	-	-	-
Primavera 2011					
Bloco	3	0.125	0.04166667	-	-
Tratamentos	7	17.375	2.482.143	96.977	2,26E-02
Resíduo	21	5.375	0.2559524	-	-
Total	31	22.875	-	-	-
Outono 2012					
Bloco	3	0.59375	0.1979167	-	-
Tratamentos	7	1.721.875	2.459.821	19.447	7,56E-05
Resíduo	21	265.625	0.1264881	-	-
Total	31	2.046.875	-	-	-

Apêndice I – Média geral, coeficiente de variação e desvio padrão das variáveis: rendimento total e comercial de tubérculos, número de tubérculos por planta, peso médio dos tubérculos e estande de plantas, nas safras de primavera 2010 e 2011 e outono 2011 e 2012. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Variável	Média_Geral	Coef_Var	Desv_Padr	Media_Geral	Coef_Var	Desv_Padr
Primavera 2010				Outono 2011		
RTT	7.557.688	1.269.285	9.592.856	7.513.531	1.435.462	1.078.539
RTC	4.915.531	1.593.032	783.06	5.003.063	1.877.616	9.393.831
NT/pl	3.375	1.740.947	0.5875697	3.375	1.516.345	0.5117663
NTC/pl	1.25	3.491.486	0.4364358	1.375	2.509.329	0.3450328
PMT	53.25	5.835.139	3.107.211	55.125	1.388.194	7.652.419
PMTC	8.759.375	8.721.709	7.639.672	908.125	1.777.391	1.614.093
Estande Final	296.875	145.277	0.431291	26.875	1.598.372	0.4295623
Primavera 2011				Outono 2012		
RTT	11176.09	122.182	1.365.517	8.141.969	1.857.532	1.512.397
RTC	8.181.813	1.641.209	1.342.806	5990.25	21.901	1.311.925
NTT/pl	43.125	2.325.732	1.002.972	45.625	2.467.927	1.125.992
NTC/pl	16.875	1.992.867	0.3362964	2	2.616.341	0.5232681
PMT	599.375	2.073.594	1.242.861	520.625	2.377.291	1.237.677
PMTC	98.875	1.660.177	16.415	820.625	3.005.197	246.614
Estande Final	28.125	1.798.817	0.5059174	171.875	2.069.246	0.3556516

RTT – Rendimento total de tubérculos; RTC – Rendimento de tubérculos comerciais; - NT/pl – Número de tubérculos/plantas; NTC/pl – Número de tubérculos comerciais/planta; PMT – Peso médio de tubérculos; PMTC – Peso médio de tubérculos comerciais.

Apêndice J – Análise de variância do pH, nas safras de primavera 2010 e 2011 e outono 2011 e 2012. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

pH					
Fontes	GL	SQ	QM	F	p
Primavera 2010					
Bloco	3	0.10375	0.03458333	-	-
Tratamentos	7	302.375	0.4319643	38.094	0.008006
Resíduo	21	238.125	0.1133929	-	-
Total	31	550.875	-	-	-
Outono 2011					
Bloco	3	0.0134375	0.004479167	-	-
Tratamentos	7	0.2546875	0.03638393	4.267	0.004481
Resíduo	21	0.1790625	0.008526786	-	-
Total	31	0.4471875	-	-	-
Primavera 2011					
Bloco	3	0.73625	0.2454167	-	-
Tratamentos	7	186.375	0.26625	0.79435	0.6004
Resíduo	21	703.875	0.3351786	-	-
Total	31	963.875	-	-	-
Outono 2012					
Bloco	3	0.26125	0.08708333	-	-
Tratamentos	7	592.875	0.8469643	12.028	4,28E-03
Resíduo	21	147.875	0.07041667	-	-
Total	31	766.875	-	-	-

Apêndice L – Análise de variância do P e K, nas safras de primavera 2010 e 2011 e outono 2011 e 2012. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Fontes	P					K				
	GL	SQ	QM	F	P	GL	SQ	QM	F	p
Primavera 2010										
Bloco	3	57.277.234	1.909.241	-	-	3	63.345.938	2.111.531	-	-
Tratamentos	7	23.025.672	3.289.382	15.853	0.1944	7	50.175.219	7.167.888	52.814	0.001356
Resíduo	21	43.574.041	2.074.954	-	-	21	28.501.156	1.357.198	-	-
Total	31	12.387.695	-	-	-	31	85.010.969	-	-	-
Outono 2011										
Bloco	3	29.315.938	9.771.979	-	-	3	50.211.125	1.673.704	-	-
Tratamentos	7	43.505.219	6.215.031	58.464	0.0007326	7	47.687.309	6.812.473	13.85	1,37E-03
Resíduo	21	22.324.156	1.063.055	-	-	21	10.329.679	4.918.895	-	-
Total	31	68.760.969	-	-	-	31	58.519.099	-	-	-
Primavera 2011										
Bloco	3	24.765.937	8.255.312	-	-	3	38.218.437	1.273.948	-	-
Tratamentos	7	31.826.047	4.546.578	45.351	0	7	29.022.188	4.146.027	16.259	0.1828
Resíduo	21	21.053.156	1.002.531	-	-	21	53.549.062	2.549.955	-	-
Total	31	34.179.022	-	-	-	31	12.078.969	-	-	-
Outono 2012										
Bloco	3	14.874.304	4.958.101	-	-	3	21.624.094	7.208.031	-	-
Tratamentos	7	116393.5	16627.64	69.837	0.0002329	7	112494.97	16070.71	65.809	0.0003448
Resíduo	21	49.999.436	2.380.926	-	-	21	51.282.656	2.442.031	-	-
Total	31	181267.24	-	-	-	31	185401.72	-	-	-

Apêndice M – Análise de variância do Mg e Ca, nas safras de primavera 2010 e 2011 e outono 2011 e 2012. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Fontes	Mg					Ca				
	GL	SQ	QM	F	p	GL	SQ	QM	F	p
Primavera 2010										
Bloco	3	0.7675	0.2558333	-	-	3	43.084.375	1.436.146	-	-
Tratamentos	7	1.475	0.2107143	17.718	0.1465	7	0.5696875	0.08138393	0.26419	0.9612
Resíduo	21	24.975	0.1189286	-	-	21	64.690.625	0.3080506	-	-
Total	31	4.74	-	-	-	31	11.347.187	-	-	-
Outono 2011										
Bloco	3	67.709.375	2.256.979	-	-	3	0.1209375	0.0403125	-	-
Tratamentos	7	23.657.188	3.379.598	0.78529	0.6071	7	0.5171875	0.07388393	0.51012	0.8166
Resíduo	21	90.376.563	4.303.646	-	-	21	30.415.625	0.1448363	-	-
Total	31	12.080.469	-	-	-	31	36.796.875	-	-	-
Primavera 2011										
Bloco	3	0.15375	0.05125	-	-	3	40.459.375	1.348.646	-	-
Tratamentos	7	0.23875	0.03410714	16.418	0.1784	7	0.6121875	0.08745536	10.251	0.443
Resíduo	21	0.43625	0.02077381	-	-	21	17.915.625	0.0853125	-	-
Total	31	0.82875	-	-	-	31	64.496.875	-	-	-
Outono 2012										
Bloco	3	0.62625	0.20875	-	-	3	12.010.938	4.003.646	-	-
Tratamentos	7	438.375	0.62625	17.149	0.1597	7	61.171.875	0.8738839	14.715	0.2309
Resíduo	21	766.875	0.3651786	-	-	21	12.471.562	0.5938839	-	-
Total	31	1.267.875	-	-	-	31	30.599.688	-	-	-

Apêndice N – Análise de variância do AI e H + AI, nas safras de primavera 2010 e 2011 e outono 2011 e 2012. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Fontes	AI					H + AI				
	GL	SQ	QM	F	p	GL	SQ	QM	F	p
Primavera 2010										
Bloco	3	12.975	0.4325	-	-	3	0.28375	0.09458333	-	-
Tratamentos	7	3.44	0.4914286	26.581	0.03898	7	209.375	0.2991071	0.87103	0.5448
Resíduo	21	38.825	0.184881	-	-	21	721.125	0.3433929	-	-
Total	31	8.62	-	-	-	31	958.875	-	-	-
Outono 2011										
Bloco	3	0.3675	0.1225	-	-	3	0.3475	0.1158333	-	-
Tratamentos	7	0.655	0.09357143	13.122	0.293	7	0.77	0.11	0.75552	0.6295
Resíduo	21	14.975	0.07130952	-	-	21	30.575	0.1455952	-	-
Total	31	2.52	-	-	-	31	4.175	-	-	-
Primavera 2011										
Bloco	3	0.0309375	0.0103125	-	-	3	839.375	2.797.917	-	-
Tratamentos	7	0.0071875	0.001026786	0.41818	0.8801	7	0.61375	0.08767857	0.55606	0.7825
Resíduo	21	0.0515625	0.002455357	-	-	21	331.125	0.1576786	-	-
Total	31	0.0896875	-	-	-	31	1.231.875	-	-	-
Outono 2012										
Bloco	3	0.42625	0.1420833	-	-	3	15.709.375	0.5236458	-	-
Tratamentos	7	112.875	0.16125	10.636	0.4198	7	76.821.875	1.097.455	22.906	0.06693
Resíduo	21	318.375	0.1516071	-	-	21	10.061.562	0.479122	-	-
Total	31	473.875	-	-	-	31	19.314.688	-	-	-

Apêndice O – Análise de variância da saturação por Al e Bases, nas safras de primavera 2010 e 2011 e outono 2011 e 2012. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Fontes	Saturação Al					Saturação Bases				
	GL	SQ	QM	F	p	GL	SQ	QM	F	P
Primavera 2010										
Bloco	3	46.634.375	1.554.479	-	-	3	2.109.375	703.125	-	-
Tratamentos	7	23.107.188	3.301.027	12.658	0.3137	7	5.321.875	7.602.679	0.30664	0.9429
Resíduo	21	54.764.062	2.607.812	-	-	21	52.065.625	2.479.315	-	-
Total	31	82.534.688	-	-	-	31	59.496.875	-	-	-
Outono 2011										
Bloco	3	284.375	0.9479167	-	-	3	4.384.375	1.461.458	-	-
Tratamentos	7	1.021.875	1.459.821	0.62049	0.7333	7	5.696.875	8.138.393	11.214	0.3868
Resíduo	21	4.940.625	2.352.679	-	-	21	15.240.625	725.744	-	-
Total	31	6.246.875	-	-	-	31	25.321.875	-	-	-
Primavera 2011										
Bloco	3	1.359.375	453.125	-	-	3	269.125	8.970.833	-	-
Tratamentos	7	471.875	0.6741071	0.57414	0.7688	7	66.375	9.482.143	1.014	0.4498
Resíduo	21	2.465.625	1.174.107	-	-	21	196.375	935.119	-	-
Total	31	4.296.875	-	-	-	31	531.875	-	-	-
Outono 2012										
Bloco	3	45.225	15.075	-	-	3	123.75	41.25	-	-
Tratamentos	7	25.58	3.654.286	26.038	0.04218	7	315.5	4.507.143	17.062	0.1618
Resíduo	21	294.725	1.403.452	-	-	21	554.75	2.641.667	-	-
Total	31	59.575	-	-	-	31	994	-	-	-

Apêndice P – Análise de variância da Matéria Orgânica (MO) e CTC_{pH7}, nas safras de primavera 2010 e 2011 e outono 2011 e 2012. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Fontes	MO					CTC				
	GL	SQ	QM	F	p	GL	SQ	QM	F	P
Primavera 2010										
Bloco	3	0.1034375	0.03447917	-	-	3	820.375	2.734.583	-	-
Tratamentos	7	60.246.875	0.8606696	47.701	0.00244	7	1.366.875	1.952.679	22.723	0.06878
Resíduo	21	37.890.625	0.1804315	-	-	21	1.804.625	0.8593452	-	-
Total	31	99.171.875	-	-	-	31	3.991.875	-	-	-
Outono 2011										
Bloco	3	0.1134375	0.0378125	-	-	3	52.665.937	1.755.531	-	-
Tratamentos	7	72.946.875	1.042.098	19.556	7.2E-008	7	56.179.427	8.025.632	466.82	0
Resíduo	21	11.190.625	0.05328869	-	-	21	36.103.656	1.719.222	-	-
Total	31	85.271.875	-	-	-	31	56593.13	-	-	-
Primavera 2011										
Bloco	3	0.1634375	0.05447917	-	-	3	21.793.437	7.264.479	-	-
Tratamentos	7	44.696.875	0.6385268	87.982	4,64E-02	7	28.321.875	0.4045982	0.81705	0.5837
Resíduo	21	15.240.625	0.0725744	-	-	21	10.399.063	0.4951935	-	-
Total	31	61.571.875	-	-	-	31	35.024.688	-	-	-
Outono 2012										
Bloco	3	20.025	0.6675	-	-	3	21.225.938	7.075.313	-	-
Tratamentos	7	35.545	5.077.857	62.699	0.0004715	7	57.892.188	8.270.313	30.749	0.02154
Resíduo	21	170.075	0.809881	-	-	21	56.481.562	2.689.598	-	-
Total	31	54.555	-	-	-	31	13.559.969	-	-	-

Apêndice Q – Média geral, coeficiente de variação e desvio padrão das variáveis: pH, p, k, Ca, Mg, Al, A + Al, Saturação por Al e por bases, MO e CTC_{pH7}, nas safras de primavera 2010 e 2011 e outono 2011 e 2012. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, 2012.

Variável	Média_Geral	Coef_Var	Desv_Padr	Media_Geral	Coef_Var	Desv_Padr
Primavera 2010				Outono 2011		
pH	581.875	5.787.129	0.3367386	5.490.625	1.681.787	0.0923406
P	3.517.812	409.479	144.047	4.739.688	6.879.045	3.260.453
K	1.330.312	2.769.287	3.684.017	1.024.937	2.163.896	2.217.858
Ca	5.390.625	1.029.608	0.5550231	3.553.125	1.071.096	0.3805737
Mg	2.775	124.274	0.3448602	1.528.125	1.357.561	2.074.523
Al	865.625	1.028.148	0.8899906	0.275	9.710.488	0.2670384
H + Al	233.125	2.513.661	0.5859973	26.875	1.419.793	0.3815694
Saturação Al	0.978125	1.650.988	1.614.872	328.125	4.674.573	1.533.844
Saturação Bases	658.125	3.346.692	0.2202542	6.434.375	418.683	2.693.964
MO	2.634.375	177.884	4.686.131	2.709.375	8.520.173	0.2308434
CTC _{pH7}	1.080.625	857.845	0.9270088	2.339.688	1.772.181	414.635
Primavera 2011				Outono 2012		
pH	550.625	1.051.434	0.5789461	578.125	4.590.035	0.2653614
P	4.658.438	6.796.866	3.166.277	1.128.437	4.324.097	4.879.473
K	9.803.125	1.628.927	1.596.858	1.664.063	2.969.655	4.941.691
Ca	3.003.125	972.597	0.292083	6.046.875	1.274.441	0.7706386
Mg	123.125	1.170.609	0.1441312	290.625	2.079.312	0.6043001
Al	0.096875	51.15	0.04955156	0.10625	3.664.636	0.3893676
H + Al	295.625	1.343.214	0.3970876	3.278.125	2.111.531	0.6921864
Saturação Al	203.125	533.446	1.083.562	0.4125	2.871.937	1.184.674
Saturação Bases	605.625	5.049.282	3.057.972	74.25	6.922.175	5.139.715
MO	2.159.375	1.247.566	0.2693964	41.375	2.175.067	0.8999339
CTC _{pH7}	7.428.125	9.473.452	0.7036998	1.294.688	1.266.715	1.639.999